

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Dominik Franjo Dominković**

Zagreb, rujan 2013.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Neven Duić

Student:

Dominik Franjo Dominković

Zagreb, rujan 2013.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom obrazovanja na Fakultetu strojarstva i brodogradnje i služeći se navedenom literaturom.

Zahvaljujem se **prof.dr.sc. Nevenu Duiću** te asistentima **dr.sc. Goranu Krajačiću, Borisu Ćosiću, dipl.ing.** te **Tomislavu Pukšecu, dipl.ing.** na stručnoj i nesebičnoj pomoći u ovome radu.

Također se zahvaljujem **mr.sc. Damiru Pešutu** iz Energetskog instituta Hrvoje požar, **doc.dr.sc. Ljudevitu Krpanu**, pročelniku Upravnog odjela za regionalni razvoj i infrastrukturu PG županije, **Višnji Stupin-Ostojić, dipl.ing.** iz Županijske komore Rijeka, **Andreju Čotar, dipl.ing** iz Regionalne Energetske Agencije Kvarner d.o.o. te **Ivoni Sičaji, univ.bacc.ing.el.** studentici Elektroenergetike Fakulteta elektrotehnike i računarstva na pomoći u prikupljanju podataka te pronalaženju kontakata kako bi ovaj rad bio što kvalitetniji.

Dominik Franjo Dominković

# SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	I
POPIS SLIKA.....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS OZNAKA .....	V
ABSTRACT .....	VII
SAŽETAK.....	VIII
1. UVOD.....	1
1.1. OPIS PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE.....	1
1.2. ANALIZA ENERGETSKE BILANCE I ENERGETSKIH POSTROJENJA.....	4
PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE	
2. METODOLOGIJA.....	12
2.1. MODEL FINALNE POTROŠNJE ENERGIJE .....	12
2.1.1. TRANSPORT.....	12
2.1.2. KUĆANSTVA.....	14
2.1.3. USLUGE .....	15
2.1.4. INDUSTRIJA .....	15
2.1.5. POLJOPRIVREDA .....	16
2.1.6. GRADITELJSTVO.....	16
2.2. ENERGYPLAN.....	17
3. IZRADA SCENARIJA .....	18
3.1. TEMELJNI SCENARIJ.....	18
3.2. ODRŽIVI SCENARIJ.....	19
3.3. SCENARIJ UZ MOGUĆE MJERE ŠTEDNJE, ZAKONSKIH I FINANCIJSKIH MEHANIZAMA.....	19
3.4. SCENARIJ UBRZANOG RAZVOJA TEHNOLOGIJE .....	20
3.5. REFERENTNI SCENARIJ – ENERGYPLAN.....	20
3.6. SCENARIJ S VISOKIM UDJELOM OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE – ENERGYPLAN.....	22
3.7. DISTRIBUCIJSKE KRIVULJE.....	23
3.8. PODACI O INVESTICIJSKIM, FIKSNIM I VARIJABILNIM TROŠKOVIMA.....	26
4. REZULTATI I RASPRAVA .....	28

4.1. REZULTATI REFERENTNOG MODELA .....	28
4.2. REZULTATI TEMELJNOG SCENARIJA .....	29
4.3. REZULTATI ODRŽIVOG SCENARIJA .....	30
4.4. REZULTATI SCENARIJA UZ MOGUĆE MJERE ŠTEDNJE, ZAKONSKIH I FINANCIJSKIH MEHANIZAMA.....	31
4.5. REZULTATI SCENARIJA UBRZANOG RAZVOJA TEHNOLOGIJE .....	32
4.6. REZULTATI REFERENTNOG I SCENARIJA S POVEĆANIM UDJELOM OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE.....	33
5. ZAKLJUČAK .....	38
6. LITERATURA .....	39

## POPIS SLIKA

Slika 1. Položaj Primorsko-goranske županije [3].....	1
Slika 2. Struktura potrošnje energije u sektoru prometa odabranih gradova prema energentima [12-15].....	5
Slika 3. Struktura potrošnje energije u sektoru zgradarstva odabranih gradova prema energentima [12-15].....	6
Slika 4. Kretanje potrošnje električne energije predane trafostanicama na području Primorsko-goranske županije od 2005. do 2012. godine (izvor: HEP d.d.).....	8
Slika 5. Kretanje maksimalnog opterećenja elektroenergetskog sustava za distribucijsko područje Primorsko-goranske županije od 2005. do 2012. godine (izvor: HEP d.d.).....	8
Slika 6. Sustav Jadranskog naftovoda (JANAF-a) [24].....	10
Slika 7. Prikaz izgrađenog i planiranog plinskog sustava u Republici Hrvatskoj [25].....	10
Slika 8. Prikaz modela [26].....	18
Slika 9. Distribucijska krivulja elektroenergetskog opterećenja RH za 2010. godinu.....	24
Slika 10. Distribucijska krivulja za protočne hidroelektrane za Hrvatsku za 2010. godinu.....	24
Slika 11. Distribucijska krivulja za akumulacijske hidroelektrane za Hrvatsku za 2010. godinu.....	25
Slika 12. Distribucijska krivulja sunčevog zračenja po satima za 2010. godinu za Primorsko-goransku županiju.....	25
Slika 13. Prikaz kretanja sektorske potrošnje u temeljnom scenariju.....	29
Slika 14. Prikaz kretanja ukupne potrošnje energenata u temeljnom scenariju.....	29
Slika 15. Prikaz kretanja sektorske potrošnje u održivom scenariju.....	30
Slika 16. Prikaz kretanja ukupne potrošnje energenata u održivom scenariju.....	30
Slika 17. Kretanje finalne potrošnje energije u Primorsko-goranskoj županiji po sektorima.....	31
Slika 18. Kretanje potrošnje energije po energentima.....	31
Slika 19. Sektorska kretanja potrošnje energije.....	32
Slika 20. Kretanje potrošnje energije prema energentima.....	33
Slika 21. Ovisnost „kritičnog viška proizvodnje električne energije“ prema instaliranoj snazi vjetroelektrana.....	35
Slika 22. Ovisnost „kritičnog viška proizvodnje električne energije“ prema instaliranoj snazi fotonaponskih elektrana.....	35
Slika 23. Prikaz emisije CO <sub>2</sub> u Mt za različite scenarije.....	36

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Gradovi, općine te broj stanovnika u Primorsko-goranskoj županiji [4].....	3
Tablica 2. Potrošnja energenata u sektoru prometa u TJ [12-15] .....	4
Tablica 3. Potrošnja energenata u sektoru zgradarstva u TJ [12-15].....	5
Tablica 4. Broj registriranih osobnih vozila po stanovniku u odabranim gradovima te Hrvatskoj i EU27 [1], [17].....	7
Tablica 5. Prikaz kapaciteta dalekovoda te područja razmjene električne energije u Hrvatskoj i inozemstvu (izvor: HEP d.d.).....	11
Tablica 6. Podaci o finalnoj potrošnji energije u temeljnom scenariju korišteni u EnergyPLANu u TWh.....	21
Tablica 7. Tipovi i snage postrojenja korišteni u referentnim scenarijima u EnergyPLAN-u [19], [21] i [23].....	21
Tablica 8. Podaci o potrošnji energije u scenariju s visokim udjelom OIE korišteni u EnergyPLANu u TWh.....	22
Tablica 9. Tipovi i snage postrojenja korišteni u scenariju s visokim udjelom OIE u EnergyPLAN-u.....	23
Tablica 10. Pregled varijabilnih troškova te troškova održavanja [26] .....	26
Tablica 11. Investicijski troškovi, vijek trajanja te troškovi održavanja [26] .....	26
Tablica 12. Cijene goriva u odabranim godinama (€/GJ) [26], [31] .....	27
Tablica 13. Finalna potrošnja energije dobivena modelom (TWh).....	28
Tablica 14. Rezultati scenarija (TWh/godišnje) .....	34
Tablica 15. Rezultati scenarija (milijuni eura) .....	34
Tablica 16. Udjeli proizvedene električne energije iz OIE .....	36

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Mjerna jedinica	Naziv
$BDP_{\text{žup}}$	EUR/stan.	Bruto društveni proizvod po glavi stanovnika za županiju
$BDP_{\text{drž}}$	EUR/stan.	Bruto društveni proizvod po glavi stanovnika za državu
CEEP	TWh	„Kritični višak proizvodnje električne energije“
$E_{\text{tran}}$	PJ	Finalna potrošnja energije u transportu
$E_{\text{ces}}$	PJ	Finalna potrošnja energije u cestovnom prometu
$E_{\text{želj}}$	PJ	Finalna potrošnja energije u željezničkom prometu
$E_{\text{mor}}$	PJ	Finalna potrošnja energije u morskom prometu
$E_{\text{zr}}$	PJ	Finalna potrošnja energije u zračnom prometu
$E_{\text{kuc}}$	PJ	Finalna potrošnja energije u kućanstvima
$E_{\text{usl}}$	PJ	Finalna potrošnja energije u uslugama
$E_{\text{ind}}$	PJ	Finalna potrošnja energije u industriji
$E_{\text{polj}}$	PJ	Finalna potrošnja energije u poljoprivredi
$E_{\text{gra}}$	PJ	Finalna potrošnja energije u graditeljstvu
$I_{\text{ig,drž}}$	EUR	Prihod industrijske grane u županiji
$I_{\text{ig,žup}}$	EUR	Prihod industrijske grane u državi
$l_{\text{drž}}$	km	Duljina pruga u državi
$l_{\text{žup}}$	km	Duljina pruga u županiji
$n_{\text{drž}}$	-	Broj novoizgrađenih zgrada u državi
$n_{\text{kuc,žup}}$	-	Broj kućanstava u županiji
$n_{\text{kuc,drž}}$	-	Broj kućanstava u državi
$n_{\text{put}}$	-	Broj putničkih brodova
$n_{\text{ter}}$	-	Broj teretnih brodova
$n_{\text{žup}}$	-	Broj novoizgrađenih zgrada u županiji
$P_{\text{žup}}$	m <sup>2</sup>	Površina obradivih površina u županiji
$P_{\text{drž}}$	m <sup>2</sup>	Površina obradivih površina u državi
$R_{\text{drž}}$	-	Broj registriranih vozila u državi
$R_{\text{žup}}$	-	Broj registriranih vozila u županiji
$w_{\text{drž}}$	t	Masa prevezenog tereta u lukama države
$w_{\text{žup}}$	t	Masa prevezenog tereta u lukama županije
$Z_{\text{drž}}$	-	Broj stanovnika države
$Z_{\text{drž}}$	-	Broj putnika u državnim morskim lukama



$Z_{sgp}$	-	Broj stanovnika specifičnog geografskog područja
$Z_{žup}$	-	Broj stanovnika županije
$Z_{žup}$	-	Broj putnika u morskim lukama županije

## ABSTRACT

In this paper energy system of Primorje-Gorski kotar County has been analyzed in accordance to National Energy Strategy targets as well as European Climate and Energy Package, known as 20-20-20 targets. Several scenarios of energy consumption have been developed. For one scenario methodology was developed in this paper and for other scenarios existing model was used. Different scenarios were made in order to predict energy consumption in accordance to different measures adopted. Also, economic analysis of results was carried out as well as CO<sub>2</sub> emissions analysis.

*Keywords: energy system, National energy strategy, European Climate and Energy Package, CO<sub>2</sub> emissions.*

## SAŽETAK

U ovom radu analizirano je ponašanje energetskeg sustava Primorsko-goranske županije pri zadovoljavanju ciljeva nacionalne energetske strategije te ispunjavanje preuzetih obaveza iz europskog energetske-klimatskog paketa 20-20-20 za 2020. godinu. U radu je napravljeno nekoliko scenarija potrošnje energije. Za jedan scenarij je razvijena metodologija u ovom radu, a za druge scenarije je iskorišten već postojeći model. Različiti scenariji su razvijeni kako bi se pratile projekcije potrošnje energije uz primjenu različitih mjera ili izostanka istih. Također, izvršena je i ekonomska analiza rezultata te analiza emisija CO<sub>2</sub> pri različitim scenarijima.

*Ključne riječi: energetskeg sustav, nacionalna energetske strategije, europske klimatske paket 20-20-20, emisije CO<sub>2</sub>.*

## 1. UVOD

### 1.1. OPIS PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE

Primorsko-goranska županija zauzima površinu od 3.588 km<sup>2</sup> što iznosi 6,3 % teritorija Republike Hrvatske. Dužina morske obale iznosi 1.065 km što ju svrstava na treće mjesto po dužini morske obale, nakon Zadarske i Splitsko-dalmatinske županije. Obala je bogato razvedena, sa 45 otoka, 68 hridi i 11 grebena [1]. Na području Primorsko-goranske županije nalaze se i dva najveća hrvatska otoka, Cres i Krk, s površinom od 405,78 km<sup>2</sup> svaki [1].

Tri su osnovna geografska područja u Primorsko-goranskoj županiji, koji se također razlikuju i prema društveno-ekonomskim te povijesno-kulturnim značajkama: goransko područje, priobalno i otočno područje [2]. Goransko područje obuhvaća oko 37 % prostora Županije, priobalje 34 % te otoci 29 %.

Županija graniči sa dvjema državama, Slovenijom i Italijom, te sa četiri županije unutar Hrvatske, kopneno sa Istarskom, Karlovačkom i Ličko-senjskom županijom te morskom granicom sa Zadarskom županijom.



**Slika 1.** Položaj Primorsko-goranske županije [3]

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine Županija broji 293.927 stanovnika (6,92 % ukupnog stanovništva Hrvatske) unutar 117.009 kućanstava te je sa prosjekom od 2,51 stanovnika/kućanstvu Županija s najmanjim brojem stanovnika po kućanstvu [4]. BDP po glavi

stanovnika Županije u 2010. godini (2010. godina je odabrana za referentnu godinu u ovom radu) je iznosio 12.343€ dok je hrvatski BDP po glavi stanovnika iznosio 10.057€ iz čega proizlazi da BDP Županije iznosi 122,7% prosjeka RH [5].

Primorsko-goranska županija izuzetno je prometno značajna za Hrvatsku jer se nalazi na dva međunarodna prometna pravca [2]:

1. Pravac Podunavlje – Jadran - Sredozemlje koji od Budimpešte preko Zagreba povezuje srednjoeuropsko alpsko i podunavsko područje s lukama na Jadranu. Ovaj pravac je Paneuropski koridor V-Vb.
2. Jadranski obalni pravac koji alpsko područje povezuje s Jadranom i Bliskim Istokom. Ovaj pravac trenutno nema status Paneuropskog koridora, ali je značajan za Republiku Hrvatsku.

Duljina mreže željezničkih pruga na području Republike Hrvatske iznosi 2.917,87 km, od čega na Primorsko-goransku županiju otpada 160 km, što čini 5,89 % [6]. U magistralne glavne pruge na području PGŽ spadaju [6]:

1. Pruga MG 1 Botovo državna granica – Koprivnica – Dugo Selo – Zagreb Glavni kolodvor – Karlovac – Rijeka (Dionica Rijeka – Vrbovsko / Perić Most; duljine 110,745 km), također dio Paneuropskog koridora V-Vb.
2. Pruga MG 4 Šapjane državna granica – Rijeka, duljine 30,896 km.

Obje magistralne pruge su elektrificirane.

Rijeka je također najveća i najznačajnija morska luka u Hrvatskoj. U 2010. godini kroz luku je prošlo 39.666 brodova što iznosi 16,82 % prolazaka brodova u svim lukama RH [7]. Ukupno prevezeni teret u luci iznosi 10.183.304 tona što iznosi 41,86 % ukupno prevezenog tereta u lukama RH [7]. Broj putnika u 2010. godini je iznosio 3.876.612 što iznosi 14,06 % putnika na razini RH [7].

Na području Županije nalaze se dvije međunarodne zračne luke, Rijeka i Mali Lošinj, te nekoliko manjih, sportskih zračnih luka. U 2010. godini Zračna luka Rijeka imala je 2.016 komercijalnih letova te 61.478 prevezenih putnika dok je Zračna luka Mali Lošinj prevezla 6.152 putnika.

Kao jedinica regionalne samouprave Županija je samostalna u poslovima koji se odnose na školstvo, zdravstvo, prostorno i urbanističko planiranje, gospodarski razvoj, promet i prometnu infrastrukturu te planiranje i razvoj mreže obrazovanih, zdravstvenih, socijalnih i kulturnih ustanova [2]. Županija ima 36 jedinica lokalne samouprave: 14 gradova i 22 općine [2], a podjela je navedena u tablici 1.

**Tablica 1.** Gradovi, općine te broj stanovnika u Primorsko-goranskoj županiji [4]

	GRADOVI	OPĆINE	BROJ STANOVNIKA
<b>PRIOBALJE</b>	Bakar, Crikvenica, Kastav, Kraljevica, Novi Vinodolski, Opatija, Rijeka	Čavle, Jelenje, Klana, Kostrena, Lovran, Matulji, Mošćenička Draga, Viškovo, Vinodolska općina	233.714
<b>GORSKI KOTAR</b>	Čabar, Delnice, Vrbovsko	Brod Moravice, Fužine, Lokve, Mrkopalj, Ravna Gora, Skrad	22.949
<b>OTOCI</b>	Cres, Krk, Mali Lošinj, Rab	Baška, Dobrinj, Malinska- Dubašnica, Omišalj, Punat, Vrbnik, Lopar	38.450
<b>UKUPNO</b>	14	22	295.113

Administrativno središte Županije je grad Rijeka sa 128.735 stanovnika što iznosi 43,6 % ukupnog stanovništva Županije.

Županija je izradila Razvojnu strategiju za razdoblje od 2011.-2013. u kojoj se bavi i smjernicama za razvoj energetike [8]. Ističe se da je potrebno ojačati kapacitete za korištenje obnovljivih izvora energije, poboljšati energetska učinkovitost, smanjivati potrošnju fosilnih goriva i električne energije te podići razinu svijesti o obnovljivim izvorima energije i energetskej efikasnosti.

## 1.2. ANALIZA ENERGETSKE BILANCE I ENERGETSKIH POSTROJENJA PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE

Analizu energetske bilance na razini Županije je izuzetno teško provesti pošto ne postoje podaci o potrošnji energije na području županije. Zadnja provedena studija koja je uključivala prikupljanje podataka o energetskej potrošnji datira iz 1999. godine [9], u kojoj je zadnja obrađena godina 1998. Državni zavod za statistiku izdaje godišnji Statistički ljetopis [1] te Energetsku statistiku [10], dok Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva Republike Hrvatske izdaje godišnji energetski pregled pod nazivom Energija u Hrvatskoj [11]. Nažalost niti jedna od ovih publikacije nema energetsku bilancu Županije već samo Republike Hrvatske. Ipak, za gradove Kastav [12], Krk [13], Opatiju [14] i Rijeku [15] u sklopu Akcijskog plana energetski održivog razvitka (SEAP) navedenih gradova postoje energetske bilance za sektore zgradarstva, prometa te javne rasvjete.

Akcijski plan energetski održivog razvoja Grada Rijeke koristi 2008., gradovi Krk i Kastav 2011. godinu, a Opatija 2010. kao referentnu godinu za energetsko bilanciranje. Razrađeni su sektori Prometa, Zgradarstva te javne rasvjete. Kako u ukupnoj potrošnji energije sektor javne rasvjete sudjeluje s otprilike 1 %, navedeni sektor nema velikog utjecaja na ukupnu potrošnju energije cijelih gradova tj. Županije, već samo u pojedinim naseljima, te u ovom radu nećemo detaljnije analizirati navedeni sektor. Za sektor prometa bitno je napomenuti da nije u obzir uzet željeznički, riječni i morski promet, već samo cestovni.

U tablicama 2. i 3. nalaze se podaci o energetskej potrošnji navedenih gradova za sektore prometa i zgradarstva.

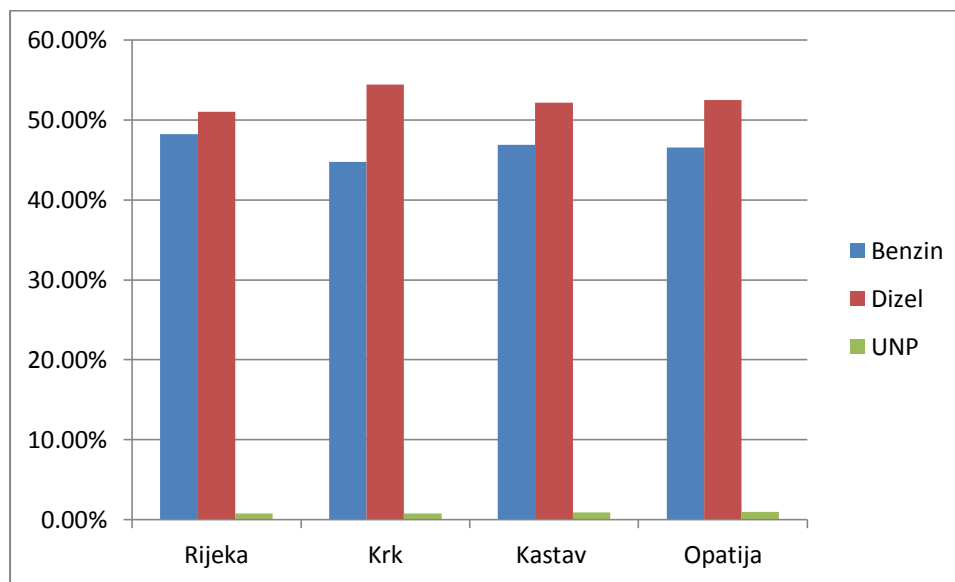
**Tablica 2.** Potrošnja energenata u sektoru prometa u TJ [12-15]

<b>Energent</b>	<b>Rijeka</b>	<b>Krk</b>	<b>Kastav</b>	<b>Opatija</b>	<b>Ukupno</b>
<b>Broj vozila</b>	73.848	4.637	5.539	6.481	90.505
<b>Dizel</b>	1.234,1	40,39	52,91	60,7	1.388,1
<b>Motorni benzin</b>	1.166,4	33,18	47,6	53,85	1.301,03
<b>UNP</b>	19	0,6	0,96	1,11	21,67
<b>Ukupno</b>	2.419,5	74,17	101,47	115,66	2.710,8

**Tablica 3.** Potrošnja energenata u sektoru zgradarstva u TJ [12-15]

Energent	Rijeka	Krk	Kastav	Opatija	Ukupno
<b>Broj stanovnika</b>	128.735	6.243	10.472	11.759	157.209
<b>Električna energija</b>	1.584,27	115,5	88,15	230,04	2.017,96
<b>Lož ulje</b>	0,252	53,97	60,11	45,76	160,09
<b>Peleti</b>	0	0	0	11,47	11,47
<b>Ogrjevno drvo</b>	390,79	68,41	31,69	103,18	594,07
<b>UNP</b>	0,22	13,92	4,27	4,9	23,31
<b>Prirodni plin</b>	336,14	0	0	0	336,14
<b>Centralizirani toplinski sustav</b>	214,93	0	0	0	214,93
<b>Ukupno</b>	2.526,61	251,8	184,22	395,35	3.357,98

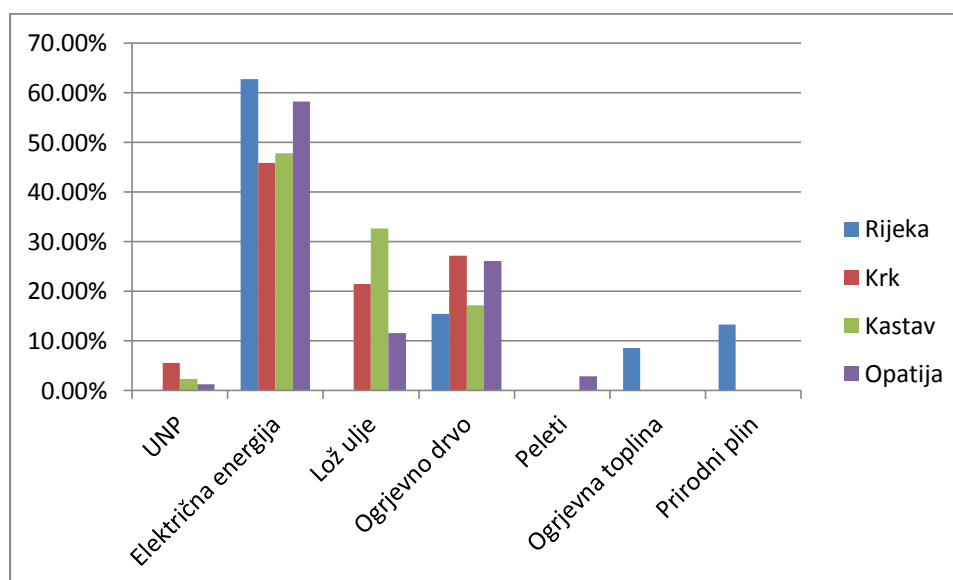
Na slici 2 može se vidjeti struktura potrošnje energije u sektoru prometa za navedene gradove prema energentima.



**Slika 2.** Struktura potrošnje energije u sektoru prometa odabranih gradova prema energentima [12-15]

Na slici 3 može se vidjeti struktura potrošnje energije u sektoru zgradarstva navedenih gradova prema energentima.





**Slika 3.** Struktura potrošnje energije u sektoru zgradarstva odabranih gradova prema energentima [12-15]

U sektoru prometa primjetno je da je potrošnja energije po vozilu gotovo dvostruko veća u Rijeci u odnosu na ostale gradove. Ukapljeni naftni plin sudjeluje u potrošnji s oko 1 % u svim gradovima. Dizel i motorni benzin sudjeluju podjednako u ukupnoj potrošnji uz laganu premoć dizel goriva u svim gradovima.

Potrošnja energenata po broju stanovnika u sektoru zgradarstva je najveća u gradu Krku, zatim u Opatiji, Rijeci te naposljetku, Kastvu. Primjetno je da je u gradu Krku potrošnja energenata po stanovniku viša od dvostruke potrošnje Kastva. Veće potrošnje po stanovniku u gradovima Krku i Opatiji može se objasniti time što su to turistički razvijenija mjesta te imaju veći priljev turista koji se ne može vidjeti prema broju stanovnika. Električna energija u ukupnoj potrošnji sudjeluje s preko 60 % u Rijeci, s otprilike 50 % u Krku i Kastvu te 58 % u Opatiji. U gradovima Kastvu, Krku te Opatiji, osim potrošnje električne energije, kao energenti se još pojavljuju ogrjevno drvo, lož ulje te ukapljeni naftni plin u manjoj mjeri. Nasuprot tome, u Rijeci osim električne energije i ogrjevnog drva kao energenti su prisutni prirodni plin te centralizirani toplinski sustavi (toplane). Treba napomenuti da je za prirodni plin te centralizirane toplinske sustave infrastruktura dostupna samo u Rijeci.

Finalna potrošnja energije po glavi stanovnika u sektoru zgradarstva u EU27 (bez Hrvatske) u 2010. godini iznosila je 25,55 GJ [16]. U gradu Krku potrošnja energije u kućanstvima iznosi 40,33 GJ/stanovniku, u Opatiji 33,62 GJ/stanovniku, Rijeci 19,63 GJ/stanovniku te u Kastvu 17,59 GJ/stanovniku. Ovako velika potrošnja u gradovima Krku i Opatiji već je objašnjenja činjenicom da je broj turista mnogo veći u odnosu na broj stanovnika te potrošnja energije po

stanovniku nije najbolje mjerilo potrošnje. U Rijeci, broj stanovnika je osjetno veći te turisti i njihova potrošnja energije ima mnogo manji utjecaj. Vidimo da je u Rijeci prosječna potrošnja po stanovniku za 23,17 % manja od prosjeka EU27.

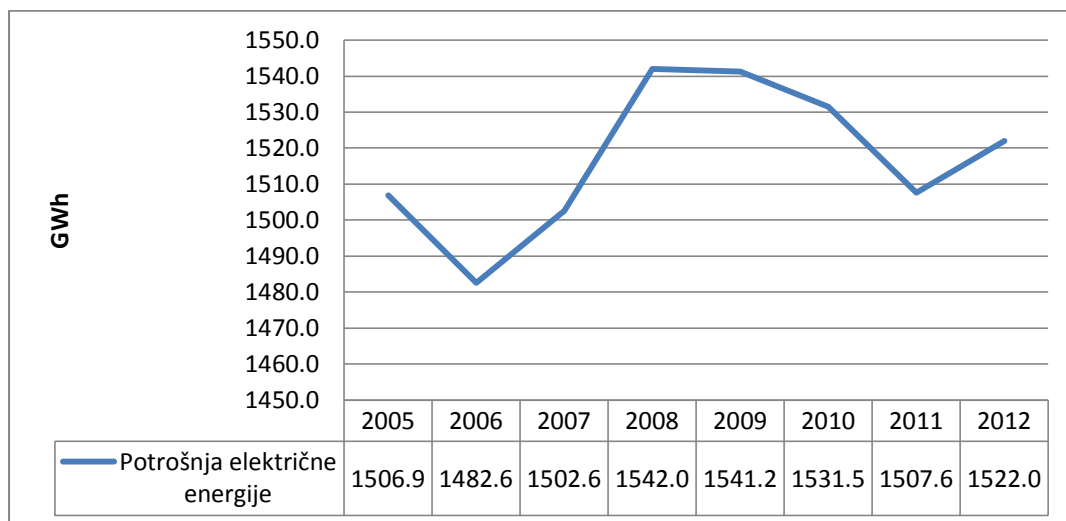
Finalna potrošnja energije u cestovnom prometu EU27 u 2010. godini iznosila je 30,36 GJ/stanovniku [17], u Rijeci 18,79 GJ/stanovniku, Krku 11,88 GJ/stanovniku, Kastvu 9,69 GJ/stanovniku te Opatiji 9,84 GJ/stanovniku. U Hrvatskoj je potrošnja u cestovnom prometu u 2010. godini iznosila 18 GJ/stanovniku [10].

**Tablica 4.** Broj registriranih osobnih vozila po stanovniku u odabranim gradovima te Hrvatskoj i EU27 [1], [17]

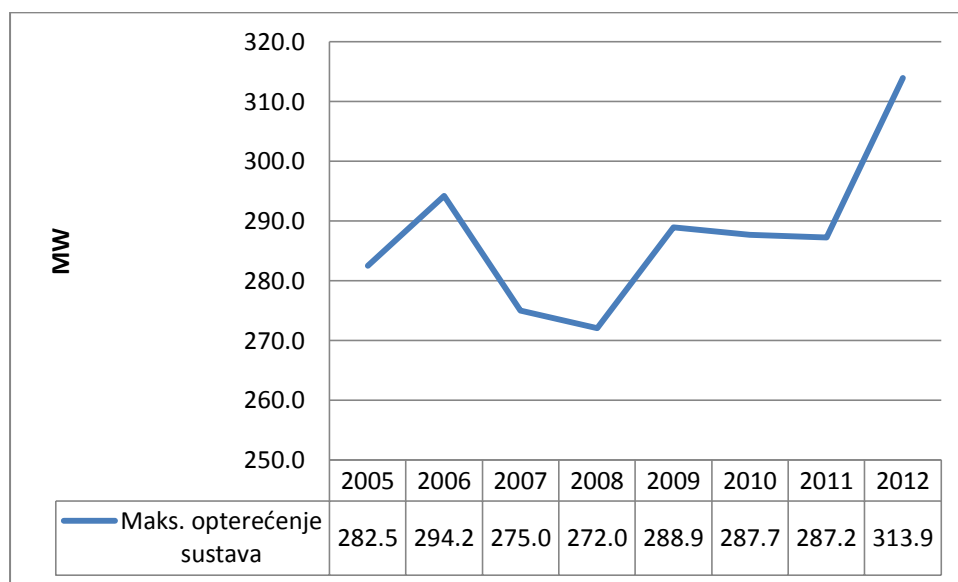
	<b>Rijeka</b>	<b>Kastav</b>	<b>Krk</b>	<b>Opatija</b>	<b>Hrv.</b> (tis.)	<b>EU27</b> (tis.)
<b>Broj vozila</b>	73.848	5.539	4.637	6.481	1.515	238.762
<b>Broj stanovnika</b>	128.735	10.472	6.243	11.759	4.284	503.679
<b>Vozila/stanovniku</b>	0,574	0,529	0,74	0,551	0,354	0,474

Iz Tablice 4. vidljiv je nesrazmjer broja registriranih osobnih vozila u odabranim gradovima, Hrvatskoj te EU27. Zanimljivo je primijetiti da je broj automobila po stanovniku u EU27 manji nego li u odabranim gradovima, dok je potrošnja energije u cestovnom prometu po stanovniku puno veća u EU27. Navedena razlika u broju registriranih automobila u RH te na području Županije također se može objasniti razvijenim turizmom te uslužnim djelatnostima koje povećavaju potrebu za osobnim vozilima u odnosu na Republiku Hrvatsku. Grad Krk je također smješten na otoku te je zbog nerazvijenog javnog prijevoza očekivan veći broj vozila po stanovniku. Manji broj vozila po stanovniku u EU27 očekivana je posljedica puno bolje razvijenog autobusnog, željezničkog te zračnog prometa u zemljama EU27.

Podaci na razini cijele županije prikupljeni su samo za potrošnju električne energije (od HEP-a), i to električna energija predana trafostanicama, što znači da nisu oduzeti gubici od trafostanica prema krajnjim potrošačima. Prema podacima iz Energija u Hrvatskoj [11], u 2010. finalna potrošnja električne energije na području županije je bila 1.402 GWh iz čega možemo okvirno izračunati da su gubici prijenosne mreže 9,2%.



**Slika 4.** Kretanje potrošnje električne energije predane trafostanicama na području Primorsko-goranske županije od 2005. do 2012. godine (izvor: HEP d.d.)



**Slika 5.** Kretanje maksimalnog opterećenja elektroenergetskog sustava za distribucijsko područje Primorsko-goranske županije od 2005. do 2012. godine (izvor: HEP d.d.)

Na slici 4 primjetno je kako potrošnja električne energije u zadnjih sedam godina varira od 1.482 GWh do 1.542 GWh. Pad od 2008. do 2011. godine može se objasniti ekonomskom krizom i padom BDP-a, što je posljedica pada industrijske proizvodnje, prometa, uslužnog sektora te svih gospodarskih aktivnosti u cjelini. Naime, na primjeru Španjolske pokazano je da se ulaskom u recesiju smanjuje potrošnja električne energije u kućanstvima, poglavito u područjima s nižim BDP-om po stanovniku [18]. Ipak, treba primijetiti da najveće odstupanje od srednje vrijednosti potrošnje električne energije u proteklih osam godina iznosi 2,27 % što znači da je potrošnja električne energije na godišnjoj razini u navedenom periodu otprilike konstantna.

Na slici 5 vidimo također da je maksimalno opterećenje sustava otprilike jednako od 2005. do 2011. godine uz malo oštiri rast 2012. u odnosu za 2011. godinu i to za 9,3 %. Treba

napomenuti da se vršno opterećenje sustava uvijek događalo u zimskim mjesecima, između 21 h i 22 h, osim 2012. godine kada se ono dogodilo u 19 h.

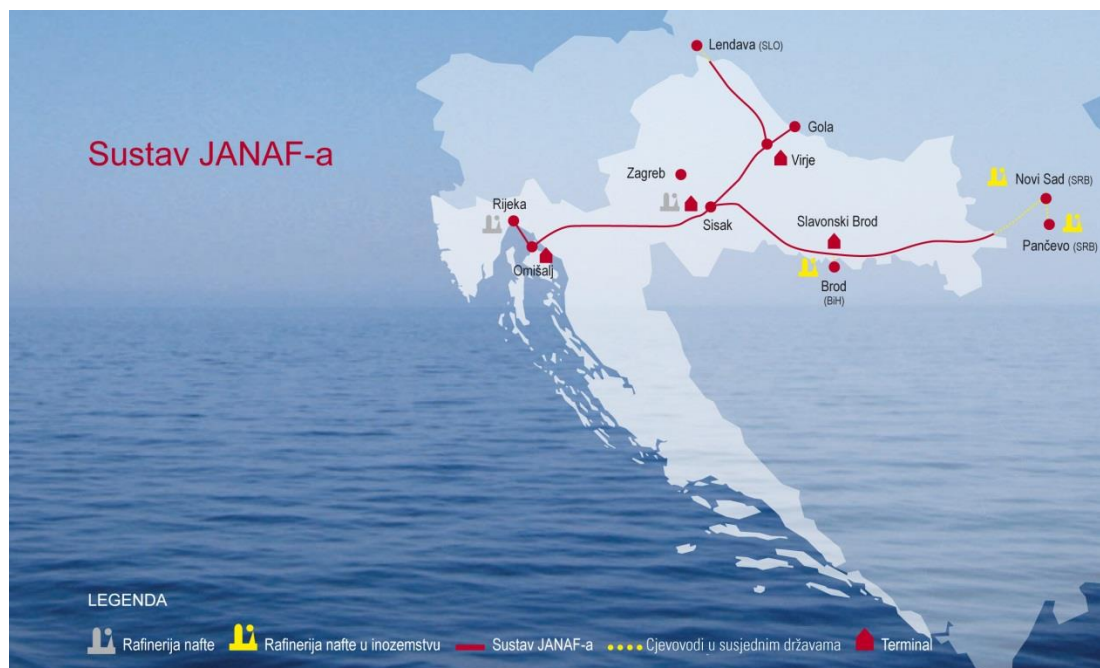
Na razini županije nekoliko je energetskih subjekata koji proizvode električnu energiju. Najveće postrojenje je Termoelektrana Rijeka-Urinj sa nazivnom snagom od 320 MW. Pogonsko gorivo je loživo ulje, no zbog skupoće goriva elektrana je izuzetno rijetko u pogonu. Tako je 2010. godine proizvela ukupno 50 GWh električne energije, a 2011. 141 GWh [19]. Termoelektrana je građena od 1974. do 1978. te se očekuje njena dekomisija 2020. godine, no dekomisija je moguća i prije zbog problema sa zagađenjem okoliša [20].

Glavnina proizvedene električne energije dolazi iz hidroelektrana. Na području Županije nalaze se protočne hidroelektrane: HE Rijeka (36,8 MW), HE Zeleni Vir (1,7 MW) te MHE Čabranka I i II – Finvest (1,29 MW), akumulacijska HE Vinodol (94,5 MW), crpna hidroelektrana Fužine (4,6 MW) te reverzibilna hidroelektrana Lepenica (1,14 MW) [21].

Na području Županije također se nalaze i industrijske elektrane: INA d.d. Rafinerija nafte Rijeka (40,5 MW), INA d.d. Maziva Rijeka (3 MW) te DINA-Omišalj (14 MW). Navedene elektrane puštaju minimalnu količinu električne energije u mrežu, tako je INA d.d. Rafinerija nafte Rijeka 2010. predala u mrežu samo 1,32 GWh električne energije [9]. Na području Županije nalazi se i 15 toplana na različitim područjima koje su u vlasništvu Energo d.o.o [22].

Od obnovljivih izvora, na području Županije je u pogonu 21 manja fotonaponska elektrana ukupne snage 0,98 MW te Energetski objekt uz dvoransko plivalište Kantrida snage 0,46 MW [23]. Također, u registru Ministarstva gospodarstva upisano je puno objekata, ukupne snage preko 268 MW od čega najviše otpada na vjetar, 253 MW [23].

Kroz Županiju prolazi i sustav Jadranskog naftovoda (JANAF-a). To je međunarodni transportni sustav nafte od Terminala Omišalj do rafinerija u tuzemstvu i inozemstvu. Instalirani kapacitet iznosi 20 milijuna tona nafte godišnje [24]. Terminal Omišalj za skladištenje nafte koristi 12 spremnika ukupnog kapaciteta 760 000 m<sup>3</sup> [24]. U sklopu terminala, na raspolaganju je i skladišni kapacitet od 60 000 m<sup>3</sup> za skladištenje naftnih derivata [24].



Slika 6. Sustav Jadranskog naftovoda (JANAFA-a) [24]

Kroz Županiju također prolazi 75 barski plinski sustav. Na slici 7 može se vidjeti plinski sustav u RH. Do krajnjih potrošača u Županiji trenutno je prirodni plin dostupan samo u Rijeci. Distributer je tvrtka Energo d.o.o., a u 2010. godini distribuirali su 30.856 milijuna m<sup>3</sup> plina te su time zauzimali tržišni udjel od 2,28 % [11].



Slika 7. Prikaz izgrađenog i planiranog plinskog sustava u Republici Hrvatskoj [25]

Distribucijsko područje Primorsko-goranske županije povezano je distribucijskom mrežom sa Slovenijom i BiH te unutar države sa distribucijskim područjima Zagreb i Split. Navedeni kapaciteti dalekovoda mogu se vidjeti u tablici 5.

**Tablica 5.** Prikaz kapaciteta dalekovoda te područja razmjene električne energije u Hrvatskoj i inozemstvu (izvor: HEP d.d.)

OZNAKA VODA	ŠIFRA VODA	NAPON	REGIJA_A	REGIJA_B	Sn(MVA)
<b>Melina-Divača</b>	DV 418 OP	400	PRPRI	SLO	1318
<b>Pehlin-Divača</b>	DV 239 OP	220	PRPRI	SLO	362
<b>Buje-Kopar</b>	DV 123 OP	110	PRPRI	SLO	90
<b>Matulji-Ilirska Bistrica</b>	DV 166 OP	110	PRPRI	SLO	84
<b>Gračac-Kulen Vakuf</b>	DV 198 OP	110	PRPRI	BIH	123
				Ukupno	1977
<b>Karlobag-Novalja</b>	DV 171-OP/1	110	PRPRI	PRPSP	100
<b>Melina-RHE Velebit</b>	DV 434-OP	400	PRPRI	PRPSP	1330
<b>Rab - Novalja</b>	DV 170-OP	110	PRPRI	PRPSP	100
<b>Vrbovsko-HE Gojak</b>	DV 113-ZG	110	PRPRI	PRPZG	123
<b>Mraclin-Brinje</b>	DV 208-ZG	220	PRPZG	PRPRI	492
<b>Švarča-Vrbovsko</b>	DV 184-ZG	110	PRPZG	PRPRI	123
<b>Tumbri-Melina</b>	DV 456-ZG	400	PRPZG	PRPRI	1330
				Ukupno	3598

Na području Županije nalazi se 13 trafostanica: Krk, Lošinj, Rab, Matulji, Lovran, Pehlin, Krasica, Delnice, Rijeka, Vinodol, Crikvenica, Sušak te Dunat. Najveće su trafostanice Pehlin, sa preko 300 GWh predane električne energije godišnje i Rijeka sa preko 200 GWh predane električne energije godišnje.

Pošto je količina podataka dostupnih za analizu energetske bilanci Primorsko-goranske županije vrlo ograničena u daljnjem radu pristupilo se izradi modela energetske potrošnje Županije za 2010. godinu koja je odabrana kao bazna godina.



## 2. METODOLOGIJA

Dva su modela korištena u ovom radu. Prvi model je model finalne potrošnje energije (eng. *demand side model*) te je metodologija za njega razvijena u ovom radu. Za drugi model je korišten softver EnergyPLAN. To je već postojeći model koji se bavi dobavom energije (eng. *supply side model*), pretvorbom energije u energetske postrojenjima te samom potrošnjom kod krajnjih potrošača.

### 2.1. MODEL FINALNE POTROŠNJE ENERGIJE

Potrošnja cijele županije podijeljena je na nekoliko sektora čiji zbroj daje ukupnu finalnu potrošnju energije. Također, razvijeni model računa potrošnju pojedinog energenta u svakom sektoru pa se iz zbroja pojedinih energenata može dobiti i finalna potrošnja energije po energentima. Model finalne potrošnje energije može se koristiti za izradu referentnog scenarija potrošnje energije, kao i za procjenu buduće potrošnje energije tako što se u ciljanoj godini procijeni broj stanovništva, BDP po glavi stanovnika, broj vozila itd. Unošenjem podataka za referentnu godinu možemo provjeriti podatke dobivene modelom te na taj način testirati metodologiju.

Model ukupne finalne potrošnje energije razvijen je za sljedeće sektore: transport, industriju, poljoprivredu, kućanstvo, usluge i graditeljstvo.

#### 2.1.1. TRANSPORT

Ukupna potrošnja energije sektora transporta:

$$E_{tran} = E_{ces} + E_{želj} + E_{mor} + E_{zr} ,$$

gdje  $E_{tran}$  predstavlja ukupnu potrošnju energije u sektoru transporta,  $E_{ces}$  ukupnu potrošnju energije u podsektoru cestovnog prometa,  $E_{želj}$  ukupnu potrošnju energije u željezničkom prometu,  $E_{mor}$  ukupnu potrošnju energije u morskom prometu te  $E_{zr}$  ukupnu potrošnju prometa u zračnom prometu.

$$E_{ces} = \sum_{i=1}^n E_{ces,en,i}$$

$$E_{želj} = \sum_{i=1}^n E_{želj,en,i}$$

$$E_{mor} = \sum_{i=1}^n E_{mor,en,i}$$

$$E_{zr} = \sum_{i=1}^n E_{zr,en,i}$$

gdje  $n$  označava broj energenata koji se pojavljuju u navedenim podsektorima (npr. dizel, motorni benzin,...).

$$E_{ces,en,i} = \frac{R_{žup}}{R_{drž}} \cdot E_{ces,en,drž}$$

gdje  $R_{žup}$  označava broje registriranih vozila u županiji,  $R_{drž}$  broj registriranih vozila u državi, a  $E_{ces,en,drž}$  potrošnju pojedinog energenta u cestovnom prometu na razini države.

$$E_{želj,en,i} = \frac{l_{žup}}{l_{drž}} \cdot E_{želj,en,drž}$$

gdje  $l_{žup}$  označava duljinu pruga u županiji u km,  $l_{drž}$  duljinu pruga u državi u km, a  $E_{želj,en,drž}$  potrošnju pojedinog energenta (najčešće samo električna energija) u željezničkom prometu na razini države.

$$E_{mor,en,i} = \left( \frac{w_{žup} / w_{drž} + n_{ter,žup} / n_{ter,drž}}{2} + \frac{z_{žup} / z_{drž} + n_{put,žup} / n_{put,drž}}{2} \right) \cdot \frac{E_{mor,en,drž}}{2}$$

gdje  $w_{žup}$  i  $w_{drž}$  predstavljaju tone prevezenog tereta u lukama županije te države,  $n_{ter,žup}$  i  $n_{ter,drž}$  predstavljaju broj teretnih brodova koji su prošli kroz luke županije te države,  $z_{žup}$  i  $z_{drž}$  predstavljaju broj putnika koji su prošli kroz luke županije i države,  $n_{put,žup}$  i  $n_{put,drž}$  predstavljaju broj putničkih brodova koji su prošli kroz luke županije i države te  $E_{mor,en,drž}$  predstavlja potrošnju pojedinog energenta (najčešće dizel gorivo) u morskom prometu na razini države.

$$E_{zr,en,i} = \frac{z_{žup}}{z_{drž}} \cdot E_{zr,kz,drž}$$



gdje  $z_{\text{žup}}$  te  $z_{\text{drž}}$  predstavljaju broj putnika u zračnim lukama županije te države, a  $E_{\text{zr,kz,drž}}$  potrošnju kerozina u zračnom prometu na razini države.

### 2.1.2. KUĆANSTVA

Ukupna potrošnja energije u kućanstvima:

$$E_{\text{kuc}} = \sum_{i=1}^n E_{\text{kuc,sgp},i}$$

gdje  $E_{\text{kuc,sgp},i}$  predstavlja potrošnju energije pojedinog specifičnog geografskog područja, a  $n$  broj tih specifičnih geografskih područja. Specifično geografsko područje označava manji teritorijalni prostor od županije koji pokazuje ujednačenu potrošnju energenata u kućanstvima. Ukoliko je u cijeloj županiji, u svim dijelovima ujednačena potrošnja energenata, za  $n$  se odabire jedan.

Ukupnu potrošnju energije može se također dobiti sljedećom formulom:

$$E_{\text{kuc}} = \frac{\frac{z_{\text{žup}}}{z_{\text{drž}}} + \frac{n_{\text{kuc,žup}}}{n_{\text{kuc,drž}}}}{2} \cdot E_{\text{kuc,drž}}$$

gdje  $z_{\text{žup}}$  i  $z_{\text{drž}}$  predstavlja broj stanovnika županije te države,  $n_{\text{kuc,žup}}$  i  $n_{\text{kuc,drž}}$  broj kućanstava županije i države te  $E_{\text{kuc,drž}}$  ukupno potrošenu energiju u kućanstvima na razini države. Treba napomenuti da se navedena formula u ovom modelu može koristiti samo za određivanje ukupne finalne potrošnje energije dok se za potrošnju pojedinog energenta trebaju koristiti naredne formule.

Ukupna potrošnja energije pojedinog specifičnog geografskog područja jednaka je zbroju potrošnje svih pojedinih energenata koji se pojavljuju na tom području:

$$E_{\text{kuc,sgp},i} = \sum_{i=1}^n E_{\text{kuc,en},i}$$

gdje  $E_{\text{kuc,en},i}$  predstavlja potrošnju pojedinog energenta u specifičnom geografskom području. Uvodi se pretpostavka da su poznati podaci o potrošnji energije tj. odnosima ugrađenih različitih

vrsta grijanja (npr. grijanje na plin, lož ulje, struju,...) za minimalno jedan grad u specifičnom geografskom području.

$$E_{kuc,en,i} = \frac{E_{en,gr,i}}{E_{en,gr}} \cdot \frac{z_{sgp}}{z_{žup}} \cdot E_{kuc}$$

gdje  $E_{en,gr,i}$  predstavlja potrošnju pojedinog energenta u gradu čiji podaci su poznati, a  $E_{en,gr}$  predstavlja ukupnu potrošnju energenata u navedenom gradu čiji podaci su poznati (treba napomenuti da je ovo zapravo postotak, tako da je dovoljno poznavati samo udjel ugrađenih izvora topline na pojedinu vrstu energenta). Nadalje,  $z_{sgp}$  i  $z_{žup}$  predstavlja broj stanovnika specifičnog geografskog područja te broj stanovnika županije, a  $E_{kuc}$  ukupno utrošenu energiju u sektoru kućanstva županije izračunato prema prethodno predstavljenoj formuli.

### 2.1.3. USLUGE

Ukupna potrošnja energije u sektoru usluga:

$$E_{usl} = \sum_{i=1}^n E_{usl,en,i}$$

gdje  $E_{usl,en,i}$  predstavlja potrošnju svakog pojedinog energenta u sektoru usluga.

$$E_{usl,en,i} = \frac{z_{žup}}{z_{drž}} \cdot \frac{BDP_{žup}}{BDP_{drž}} \cdot E_{usl,en,drž}$$

gdje  $z_{žup}$  i  $z_{drž}$  predstavljaju broj stanovnika županije i države,  $BDP_{žup}$  i  $BDP_{drž}$  predstavljaju bruto društveni proizvod po glavi stanovnika županije i države te  $E_{usl,en,drž}$  potrošnju pojedinog energenta u sektoru usluga na razini države.

### 2.1.4. INDUSTRIJA

Ukupna potrošnja energije u sektoru industrije:

$$E_{ind} = \sum_{i=1}^n E_{ind,en,i}$$

gdje  $E_{ind,en,i}$  predstavlja potrošnju pojedinog energenta u sektoru industrije.

$$E_{ind,en,i} = \sum \left( \frac{I_{ig,žup,i}}{I_{ig,drž,i}} \cdot E_{ig,en,drž} \right)$$

gdje  $I_{ig,žup,i}$  te  $I_{ig,drž,i}$  predstavljaju prihode pojedine industrijske grane u županiji te državi, a  $E_{ig,en,drž}$  potrošnju pojedinog energenta u određenoj industrijskoj grani na razini države.

### 2.1.5. POLJOPRIVREDA

Ukupna potrošnja energije u sektoru poljoprivrede:

$$E_{polj} = \sum_{i=1}^n E_{polj,en,i}$$

gdje  $E_{polj,en,i}$  predstavlja potrošnju pojedinog energenta u sektoru poljoprivrede.

$$E_{polj,en,i} = \frac{P_{žup}}{P_{drž}} \cdot E_{polj,en,drž}$$

gdje  $P_{žup}$  te  $P_{drž}$  predstavljaju obradive površine na području županije te države, a  $E_{polj,en,drž}$  potrošnju pojedinog energenta u poljoprivredi na razini države.

### 2.1.6. GRADITELJSTVO

Ukupna potrošnja energije u sektoru graditeljstva:

$$E_{gra} = \sum_{i=1}^n E_{gra,en,i}$$

gdje  $E_{gra,en,i}$  predstavlja potrošnju pojedinog energenta u sektoru graditeljstva.

$$E_{gra,en,i} = \frac{n_{žup}}{n_{drž}} \cdot E_{gra,en,drž}$$

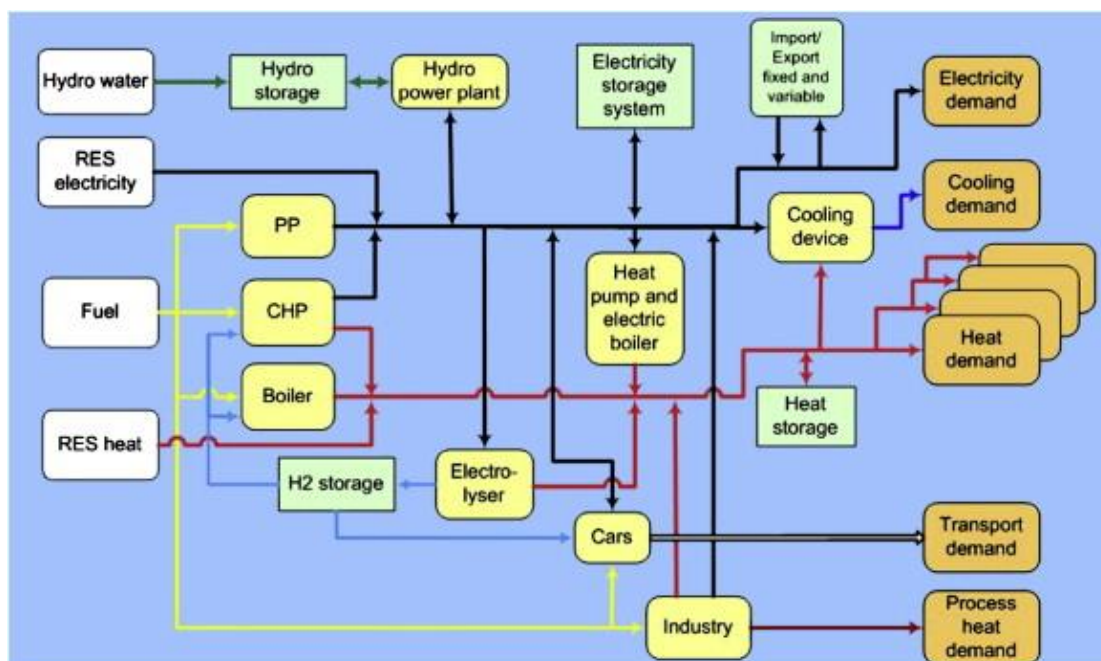
gdje  $n_{\text{žup}}$  te  $n_{\text{drž}}$  predstavljaju broj novoizgrađenih zgrada na području županije te države, a  $E_{\text{gra,en,drž}}$  potrošnju pojedinog energenta u graditeljstvu na razini države.

## 2.2. ENERGYPLAN

U drugom dijelu rada za analizu različitih scenarija potrošnje energije koristit će se softver EnergyPLAN. To je računalni model napravljen za analizu energetske sustava. EnergyPLAN je deterministički model koji optimira vođenje danog energetske sustava na osnovama ulaza (eng. *input*) i izlaza (eng. *output*) zadanih od strane korisnika [26]. Optimizacijski model znači da model ne predviđa što će se dogoditi u budućnosti poput simulacijskog sustava, već pokazuje koji je najbolji način vođenja sustava sa zadanim podacima, a to su energetska potrošnja te postrojenja. Deterministički znači da, za razliku od stohastičkih modela, za zadani ulaz uvijek daje isti izlaz. Glavna svrha modela je olakšati nacionalno te regionalno planiranje raznim tehnološkim i ekonomskim analizama. Ulazni podaci modela su potrošnja energije, obnovljivi izvori, instalirana snaga postrojenja, fiksni i varijabilni troškovi te različite regulacijske strategije. Izlazi su energetske bilance i godišnje proizvodnje energije, potrošnja goriva, uvoz/izvoz električne energije i ukupni troškovi sustava [26].

Nadalje, EnergyPLAN je model sa satnim vremenskim korakom, tj. simulira godinu na temelju 8.784 vremenska koraka. Posljedično, model može analizirati utjecaj intermitentnosti obnovljivih izvora, kao i dnevne, tjedne te sezone fluktuacije potrošnje energije na sustav. Također, model optimizira rad sustava, a ne investicije u sustav. Ipak, analizirajući drugačije investicije može se zaključiti koja je ekonomska alternativa optimalna. Model je temeljen na analitičkom programiranju, ne koristi iteracije te napredne matematičke alate. To omogućuje iznimno brze proračune čak i za najkompliciranije sustave, bez potrebe naprednih računala [26].

Dijagram toka i način modeliranja EnergyPLANa prikazan je na slici 8.



Slika 8. Prikaz modela [26]

### 3. IZRADA SCENARIJA

U ovom radu je izrađeno nekoliko scenarija. U prvom dijelu rada u Microsoft excelu su napravljena četiri različita scenarija. Prema važećoj energetske strategiji Republike Hrvatske [27] napravljena su dva scenarija, temeljni (eng. *business as usual*) te održivi scenarij. Ostala dva scenarija se odnose na scenarij sa mjerama štednje, zakonskih i financijskih mehanizama te zadnji scenarij u kojemu se predvidio razvoj tehnologije.

#### 3.1. TEMELJNI SCENARIJ

Temeljni scenarij je rađen prema smjernicama iz Energetske strategije RH. Strategija se bavila procjenama do 2020. uz pogled na 2030. godinu, dok se u ovom radu procjena prolongirala do 2050. godine. Potrošnja je podijeljena na sljedeće sektore: industrija, promet te opća potrošnja koja obuhvaća kućanstva, usluge, poljoprivredu te graditeljstvo. Pošto je strategija rađena za Republiku Hrvatsku podaci su skalirani na razinu županije na način da se odredio odnos između potrošnje na razini Županije te RH za referentnu 2010. godinu te je zatim implementirana pretpostavka da se taj odnos nije mijenjao do 2050. godine. Procjena potrošnje od 2030. do 2050. godine na razini Hrvatske se proračunala tako da se promjena od 2010. do 2030. godine pomnožila sa koeficijentom 0,5 te linearno rasporedila do 2050. Koeficijent 0,5 se koristio zbog očekivanog usporenja povećanja potrošnje energije nakon što se dosegne EU27 prosjek. Potrošnja po sektorima i energentima na razini Županije u 2010. godini se izračunala prema

ranije izloženom modelu. Prosječna stopa rasta potrošnje energije do 2020. godine primijenjena u scenariju iznosila je 2,6 % u industriji, 3,3 % u prometu te 3,1 % u općoj potrošnji. Prosječna stopa rasta potrošnje energije između 2020. i 2030. godine iznosila je 2,21 % u industriji, 1,28 % u prometu te 2,91 % u općoj potrošnji.

### **3.2. ODRŽIVI SCENARIJ**

Za održivi scenarij podaci su također uzeti iz važeće Energetske strategije RH. Podaci za početnu, 2010. godinu, su preuzeti iz referentnog modela. Za ovaj scenarij podaci su također dostupni do 2020. godine uz pogled do 2030 te se na identični način kao u temeljnom scenariju procijenila promjena potrošnje energenata, uzimajući razliku između potrošnje u 2010. i 2030. godini uz množenje sa faktorom 0,5 zbog očekivanog usporenja povećanja potrošnje energije nakon 2030. godine. U održivom scenariju se u odnosu na temeljni scenarij prati kretanje finalne potrošnje energije nakon primjene sljedećih mjera: povećanje učinkovitosti, povećanje udjela obnovljivih izvora energije te primjena distribuiranih izvora energije. U održivom scenariju Energetske strategije RH očekivana ušteda energije u 2030. godini u odnosu na temeljni scenarij iznosi 6,4 %.

### **3.3. SCENARIJ UZ MOGUĆE MJERE ŠTEDNJE, ZAKONSKIH I FINACIJSKIH MEHANIZAMA**

Za potrebe ovog scenarija dobiven je već izrađen scenarij za Republiku Hrvatsku [28]. Izrađen scenarij za Republiku Hrvatsku predvidio je ulaganje u mjere energetske učinkovitosti, korištenje naprednih tehnoloških rješenja te sveopću elektrifikaciju sustava (najviše vidljivo kroz povećani udio električnih automobila u sektoru prometa). U instalaciji novih postrojenja scenarij predviđa visoki udio fotonaponskih elektrana te vjetroelektrana pošto je potencijal za geotermalne elektrane relativno mali, a mogućnosti za izgradnju efikasnih hidroelektrana već su iscrpljene [28]. Scenarij je zatim prilagođen Primorsko-goranskoj županiji pri čemu finalnu potrošnju energije u Županiji predviđa do 2050. godine. Podaci o potrošnji Županije za 2010. godinu dobiveni su predstavljenim referentnim modelom, a kretanje potrošnje u narednim godinama je dobiveno tako da je rast (tj. pad) određenog energenta na razini županije jednak u postotku sa kretanjem energenta na razini države. Energetski potrošači su podijeljeni na sljedeće sektore: industrija, kućanstva, usluge, promet, poljoprivreda i graditeljstvo.

### **3.4. SCENARIJ UBRZANOG RAZVOJA TEHNOLOGIJE**

Ovaj scenarij je u potpunosti izrađen u ovom radu, koristeći prethodno razvijen model. Model se koristio kako bi se dobili udjeli pojedinih energenata i sektora u 2010. godini te se nakon uvedenih određenih pretpostavki model također koristio za energetska bilancu u 2050. godini. U sektoru kućanstva energetska bilanca je istim modelom napravljena također i za 2030. godinu kao međukorak. Potrošnja u ostalim godinama dobivena je linearizacijom između navedenih modeliranih godina. U sektoru transporta pretpostavilo se da će u 2050. godini biogoriva imati jednak udjel kao i zbroj dizel i motornih goriva te će 35 % vozila biti pogonjeno na električnu energiju. Nadalje, pretpostavljeno je da će se zbog razvoja turizma avionski promet povećati za 2,5 puta. U sektoru poljoprivrede pretpostavilo se da će se obradive površine povećati za 10 % te da će se miks goriva u potpunosti izmijeniti, tekuća i plinovita goriva će se smanjivati dok će se obnovljivi izvori povećavati. U zgradarstvu se pretpostavilo da će se na razini Hrvatske sa sadašnjih 2,81 osoba po kućanstvu smanjiti na 2,5, a na razini Županije sa sadašnjih 2,51 na 2. Razvijenost Županije u odnosu na RH će se povećati i za 2050. godinu je pretpostavljeno da BDP županije po stanovniku iznosi 135 % državne razine BDP-a. Najznačajniji izvori topline bit će kotlovi na ogrjevno drvo (ili druge obnovljive vrste) sa udjelom od 50 % te kotlovi na prirodni plin sa udjelom od 35 %. Kotlovi pogonjeni ostalim gorivima će se smanjivati. U kućanstvima je napravljen i međukorak u 2030. godini. Pretpostavljeno je da će tada još uvijek 20 % kotlova biti pogonjeno tekućim gorivima dok će se obnovljivi izvori koristiti u 30 % kotlova. Zbog razvoja turizma pretpostavljeno je također povećana potrošnja energije u uslugama i ona je 2050. godine veća za 30 % u odnosu na 2010. godinu unatoč razvoju tehnologije. Razvijenost industrijskih grana prema udjelima prihoda je pretpostavljena da će biti jednaka kao i u 2010. godini. Ipak industrijske grane će mijenjati energente i koristit će sve više električne energije, prirodnog plina i biogoriva, dok će ugljen kao energent prestati biti u upotrebi 2050. godine. U scenariju je pretpostavljen nagli razvoj industrije zbog razvoja luke Rijeka koja će povući za sobom i razvoj cijele industrije, stoga se očekuje potrošnja energije veća za 70 % u odnosu na 2010. godinu.

### **3.5. REFERENTNI SCENARIJ – ENERGYPLAN**

Referentni scenarij u 2010. godini izrađen je prema prethodno razvijenom modelu. Ipak, podaci su morali biti prilagođeni kako bi se dobio potreban ulaz za EnergyPLAN. Softver EnergyPLAN ne dijeli električnu energiju te proizvodnju pare i vrele vode prema sektorima već je te podatke potrebno zbirno unijeti. Stoga se zbroj električne energije te pare i vrele vode koristio kao ulaz u softver. Potrošnja energije iz modelskih sektora industrije, poljoprivrede i građevinarstva se

zbrojila te koristila kao ulaz u softveru za sektor industrije. Potrošnja u modelskim sektorima kućanstava i usluga se također zbrojila te dodala u tab 'individual' (hrv. pojedinačna potrošnja). Modelski sektor transport se nije prilagođavao te se koristio kao ulaz također za sektor transport u softveru. Potrošnja energije referentnog scenarija za 2020., 2030. te 2050. godinu dobila se iz prethodno razvijenog „temelnog scenarija“ (tablica 6). TE Rijeka nominalne snage 320MW je korištena samo u referentnom scenariju za 2010. godinu jer se njena dekomisija očekuje najdalje u 2020. godini [20]. Podaci o ostalim postrojenjima koji su korišteni u referentnom scenariju nalaze se u tablici 7.

**Tablica 6.** Podaci o finalnoj potrošnji energije u temeljnom scenariju korišteni u EnergyPLANu u TWh

	2010.	2020.	2030.	2050.
<b>Industrija</b>	0,999	1,485	1,829	2,292
<b>Zgradarstvo</b>	1,24	1,973	2,546	3,151
<b>Promet</b>	1,999	3,114	3,515	4,272
<b>Električna</b>	1,393	2,096	2,677	3,318
<b>energija ukupno</b>				
<b>Ukupno</b>	5,631	8,668	10,567	13,033

**Tablica 7.** Tipovi i snage postrojenja korišteni u referentnim scenarijima u EnergyPLAN-u [19], [21] i [23]

Tip postrojenja	2010	2020	2030	2050
<b>Termoelektrane</b>	320 MW	0	0	0
<b>Hidroelektrane protočne</b>	39,79 MW	39,79 MW	39,79 MW	39,79 MW
<b>Hidroelektrane reverzibilne i akumulacijske</b>	100,24 MW	100,24 MW	100,24 MW	100,24 MW
<b>Industrijske i ostale elektrane</b>	57,5 MW	0	0	0
<b>Fotonaponske elektrane</b>	0,98 MW	2,285 MW	3,59MW	6,2 MW
<b>Vjetroelektrane</b>	0	12,65 MW	25,03 MW	50,6 MW
<b>Elektrane na biomasu</b>	0	2,62 MW	5,24 MW	10,48 MW
<b>Kogeneracije</b>	0,46 MW	0,46 MW	0,46 MW	0,46 MW
<b>Ukupno</b>	518,97 MW	158,045 MW	174,62 MW	207,77 MW



Podaci o trenutnim postrojenjima dobiveni su od HEP d.d. te Ministarstva gospodarstva [19], [21] i [23]. Podaci za buduća postrojenja su procijenjena prema trenutnim zahtjevima predanih Ministarstvu gospodarstva [23]. Od trenutno predanih zahtjeva, za temeljni scenarij procijenjeno je da će se do 2050. godine izgraditi četvrtina vjetroelektrana, dvostruko fotonaponskih elektrana te sve planirane elektrane na biomasu. U 2010. godini vršno opterećenje sustava je iznosilo 287,7 MW što znači da je ono pokriveno ukupno instaliranim kapacitetom u regiji. Ipak, u 2020., 2030. i 2050. godini zbog dekomisije TE Rijeka pokrivenost vršnog opterećenja prema referentnim scenarijima vjerojatno neće biti ostvarena pošto je instalirana snaga manja od vršnog opterećenja u 2010. godini. Također, treba primijetiti da raste udio instaliranih vjetroelektrana za koje se ne može znati hoće li raditi instaliranom snagom u vrijeme vršnog opterećenja.

### 3.6. SCENARIJ S VISOKIM UDJELOM OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE – ENERGYPLAN

Nakon temeljnog scenarija, pristupilo se izradi scenarija s visokim udjelom obnovljivih izvora energije za 2020., 2030. i 2050. godinu. Podaci o potrošnji iz scenarija „Ubrzani razvoj tehnologije“ su se koristili kao ulaz u EnergyPLAN. U scenariju razvoj tehnologije ima za posljedicu povećanje efikasnosti sustava zbog čega nakon 2030. godine dolazi do smanjenja potrošnje energije. Također, ubrzani razvoj tehnologije omogućava povećanu penetraciju obnovljivih izvora jer isti postaju ekonomski isplativiji. Podaci o potrošnji energije te instaliranim postrojenjima korišteni u scenariju s visokim udjelom OIE mogu se vidjeti u tablicama 8 i 9.

**Tablica 8.** Podaci o potrošnji energije u scenariju s visokim udjelom OIE korišteni u EnergyPLANu u TWh

	2020.	2030.	2050.
<b>Industrija</b>	1,098	1,196	1,393
<b>Zgradarstvo</b>	1,706	2,172	1,13
<b>Promet</b>	1,805	1,612	1,225
<b>Električna energija</b>	1,545	1,698	1,863
<b>ukupno</b>			
<b>Ukupno</b>	6,154	6,678	5,611

**Tablica 9.** Tipovi i snage postrojenja korišteni u scenariju s visokim udjelom OIE u EnergyPLAN-u

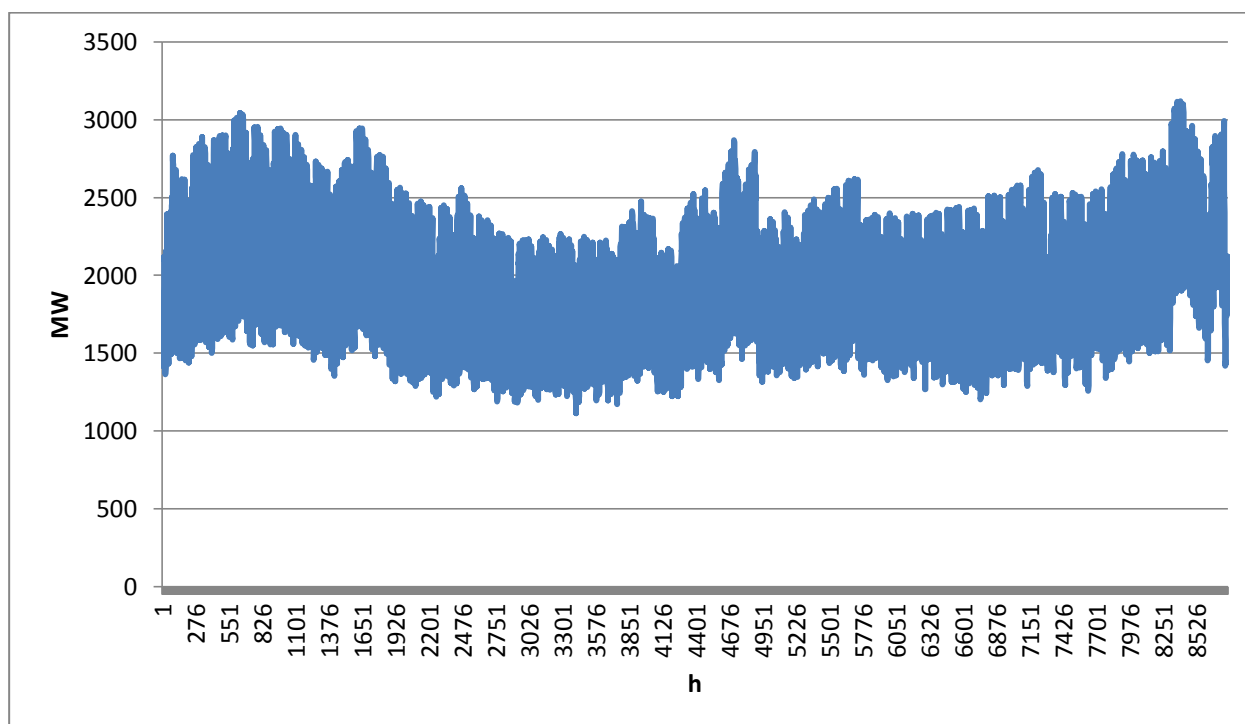
Tip postrojenja	2020	2030	2050
<b>Termoelektrane</b>	0	0	0
<b>Hidroelektrane protočne</b>	40,56 MW	41,322 MW	42,86 MW
<b>Hidroelektrane reverzibilne i akumulacijske</b>	100,24 MW	100,24 MW	100,24 MW
<b>Industrijske i ostale elektrane</b>	0	0	0
<b>Fotonaponske elektrane</b>	3,59 MW	6,2MW	11,42 MW
<b>Vjetroelektrane</b>	126,5 MW	253 MW	506 MW
<b>Elektrane na biomasu</b>	5,24 MW	10,47 MW	20,94 MW
<b>Kogeneracije</b>	0,46 MW	0,92 MW	1,38 MW
<b>Ukupno</b>	276,59 MW	412,15 MW	682,84 MW

Podaci o budućim postrojenjima dobiveni su na sljedeći način, u registru Ministarstva gospodarstva je upisano 1,532 MW malih hidroelektrana, stoga je uzeto da će se ta snaga instalirati svakih 20 godina. U registru je upisano i 2,61 MW fotonaponskih elektrana te je uzeto da će se ta snaga instalirati svakih 10 godina pošto su to manja postrojenja i te su investicije lakše ostvarive od velikih postrojenja. Vjetroelektrana je upisano 253 MW te je također kao i za MHE postrojenja uzeto da će se ta snaga instalirati linearno svakih 20 godina. Upisano je i 10,47 MW elektrana na biomasu te je također uzeto da će se ta snaga instalirati svakih 20 godina. U pogonu je jedno kogeneracijsko postrojenje snage 0,46 MW. Pretpostavljeno je da će se po još jedno malo kogeneracijsko postrojenje instalirati 2030. te 2050. godine. Već instalirana postrojenja u 2010. godini mogu se vidjeti u tablici 7.

### 3.7. DISTRIBUCIJSKE KRIVULJE

Za uspješnu analizu sustava potrebno je izraditi satne krivulje opterećenja električne mreže, dobave vode za hidroelektrane, snagu sunčevog zračenja te jačine vjetra. Krivulja opterećenja električne mreže te dobave vode za protočne i akumulacijske hidroelektrane rađene su prema podacima za Hrvatsku pošto podataka na razini županije nema. EnergyPLAN automatski skalira krivulju na razinu Županije tj. zadržava tijek krivulje za Hrvatsku, ali potrošnju energije skalira na razinu Županije. Krivulja za količinu vjetra nije bila posebno izrađena u ovome radu već je korištena postojeća krivulja u EnergyPLANu spremljena pod imenom *Croatia wind all 2007*.

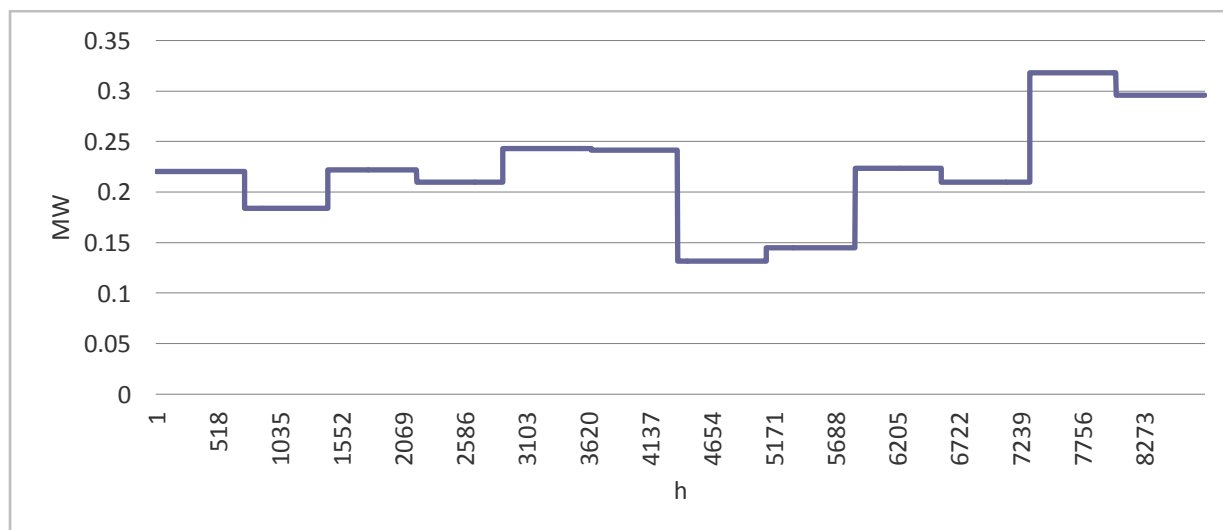
Distribucijska krivulja opterećenja elektroenergetskog sustava dobivena je prema podacima ENTSO-E-a [29].



**Slika 9.** Distribucijska krivulja elektroenergetskog opterećenja RH za 2010. godinu.

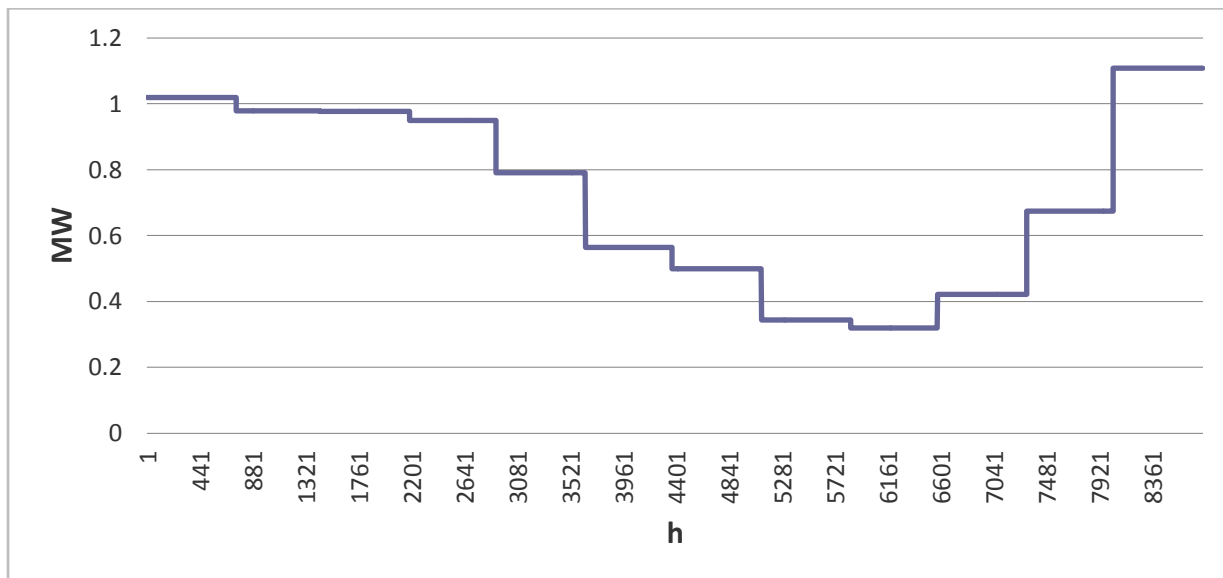
Iz slike 9 se primjećuje da se vršno opterećenje pojavilo u prosincu te je iznosilo 3121 MW. Prema podacima HEPa iznesenima u uvodu, vršno opterećenje sustava u Primorsko-goranskoj županiji je iznosilo 287,68 MW i također se dogodilo zimi, u siječnju.

Krivulja za satnu proizvodnju iz protočnih hidroelektrana je također dobivena prema podacima ENTSO-Ea [29].



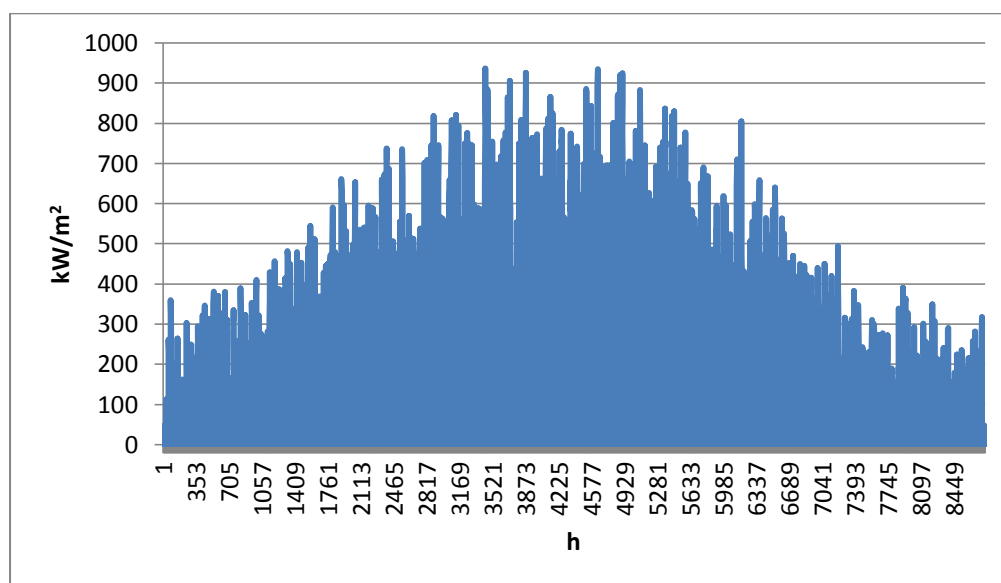
**Slika 10.** Distribucijska krivulja za protočne hidroelektrane za Hrvatsku za 2010. godinu

Treća krivulja koja je dobivena pomoću ENTSO-E [29] podataka je distribucijska krivulja za akumulacijske hidroelektrane.



**Slika 11.** Distribucijska krivulja za akumulacijske hidroelektrane za Hrvatsku za 2010. godinu

Krivulja sunčevog zračenja izrađena je pomoću podataka iz programa Meteonorm te podataka sa web stranice instituta za energiju Eurpske komisije [30]. Dobiveni su podaci za Delnice (predstavnik gorskog područja), Mali Lošinj (predstavnik otočja) te Rijeku (predstavnik priobalja). Za svaki grad je pomoću Meteonorma dobivena satna globalna količina zračenja na horizontalnu plohu te satno globalno zračenje na plohu pod optimalnim kutem zračenja. Vrijednost za svaki grad je određena kao srednja vrijednost između ovih dviju krivulja. Konačna krivulja je dobivena kao srednja vrijednost između podataka za ova tri grada.



**Slika 12.** Distribucijska krivulja sunčevog zračenja po satima za 2010. godinu za Primorsko-goransku županiju

### 3.8. PODACI O INVESTICIJSKIM, FIKSNIM I VARIJABILNIM TROŠKOVIMA

Za potrebe ekonomske analize scenarija potrebno je u EnergyPLAN unijeti podatke o investicijskim, fiksnim i varijabilnim troškovima. Za investicijske i varijabilne troškove korišteni su već postojeći podaci u EnergyPLAN-u spremljeni pod nazivom *2020DEACosts*. Pregledi varijabilnih te fiksnih troškova mogu se vidjeti u tablicama 10 i 11.

**Tablica 10.** Pregled varijabilnih troškova te troškova održavanja [26]

Vrsta	Cijena (EUR/MWh <sub>e</sub> )
<b>Centralizirani toplinski sustav i kogeneracije</b>	
<b>Kotao</b>	0,15
<b>CHP</b>	2,7
<b>Termoelektrane</b>	
<b>Termoelektrana na ugljen</b>	2,654
<b>Hidroelektrana</b>	1,19
<b>Spremnici</b>	
<b>Pumpa</b>	1,19
<b>Turbina</b>	1,19

**Tablica 11.** Investicijski troškovi, vijek trajanja te troškovi održavanja [26]

Tip postrojenja	Investicija (milijuna EUR/MW <sub>e</sub> )	Vijek trajanja (god.)	Troškovi pogona i održavanja (% investicije)
<b>Mikro CHP jedinice</b>	0,84	25	2,3
<b>Vjetroelektrane</b>	1,25	20	3
<b>Fotonaponske elektrane</b>	2,6	30	0,77
<b>Protočne HE</b>	1,9	50	2,7
<b>Elektrane na biomasu</b>	0,89	26	1,8

Treba napomenuti da se investicijski troškovi postrojenja koja su već izgrađena nisu uračunavala. Korištena je diskontna stopa od 3%. Trošak CO<sub>2</sub>/toni je odabran na 15 EUR/t CO<sub>2</sub>. Troškovi goriva nalaze se u tablici 12.

**Tablica 12.** Cijene goriva u odabranim godinama (€/GJ) [26] i [31]

	<b>Ugljen</b>	<b>Loživo ulje</b>	<b>Dizel</b>	<b>Motorni benzin</b>	<b>Prirodni plin</b>	<b>Biomasa</b>
<b>2010.</b>	1,94	6,66	11,79	12,48	5,07	6,3
<b>2020.</b>	3,29	11,44	17,78	20,26	7,99	6,4
<b>2030.</b>	3,91	14,26	20,2	20,3	10,34	6,4
<b>2050.</b>	4,7	22,34	25,6	24,4	14,48	6,4

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

### 4.1. REZULTATI REFERENTNOG MODELA

U sklopu ovog rada razvijenom metodologijom za finalnu potrošnju energije na strani potrošača prikazanoj u poglavlju 2.1. dobiven je referentni model koji je napravljen za 2010. godinu. Rezultati se mogu vidjeti u tablici 13.

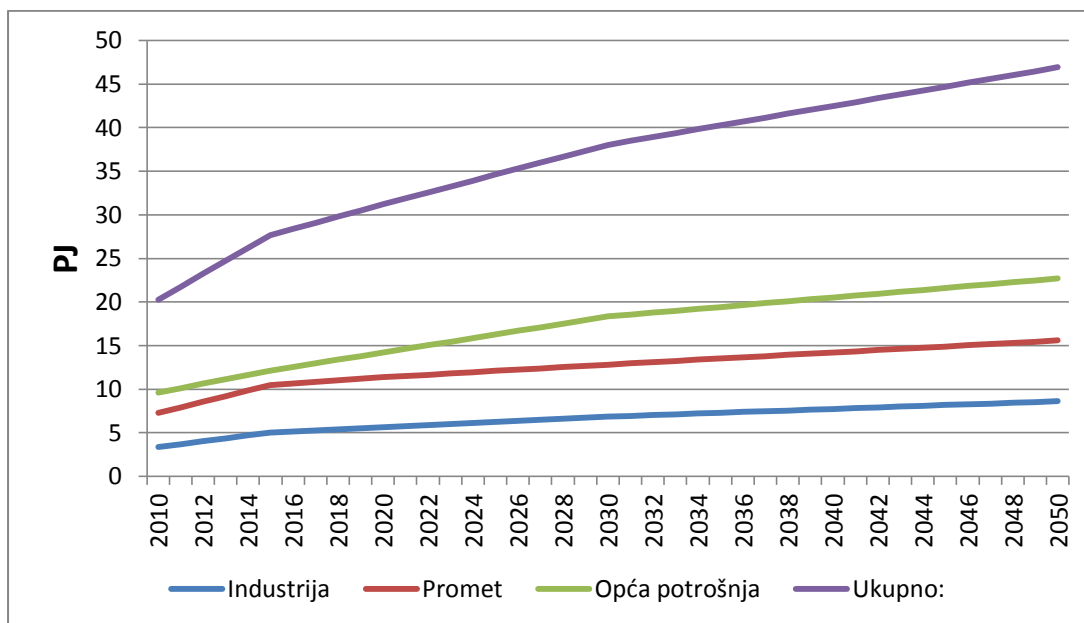
**Tablica 13.** Finalna potrošnja energije dobivena modelom (TWh)

2010. godina						
	Industrija	Promet	Kućanstva	Usluge	Poljoprivreda	Graditeljstvo
<b>Ugljen</b>	0,124	0	0	0	0	0
<b>Tekuća goriva</b>	0,0914	1,935	0,213	0,0962	0,0869	0,579
<b>Plinovita goriva</b>	0,19388	0,06185	0,1735	0,1555	0,00712	0
<b>Biomasa i ostali OIE</b>	0,0203	0,00247	0,333	0,0094	0	0
<b>Električna energija</b>	0,1861	0,028	0,708	0,441	0,0023	0,02735
<b>Para i vrela voda</b>	0,3144	0	0,214	0,0445	0,0005	0
<b>Uk. sektorski</b>	0,93	2,027	1,642	0,747	0,0969	0,1882
<b>Ukupno</b>	5,632					

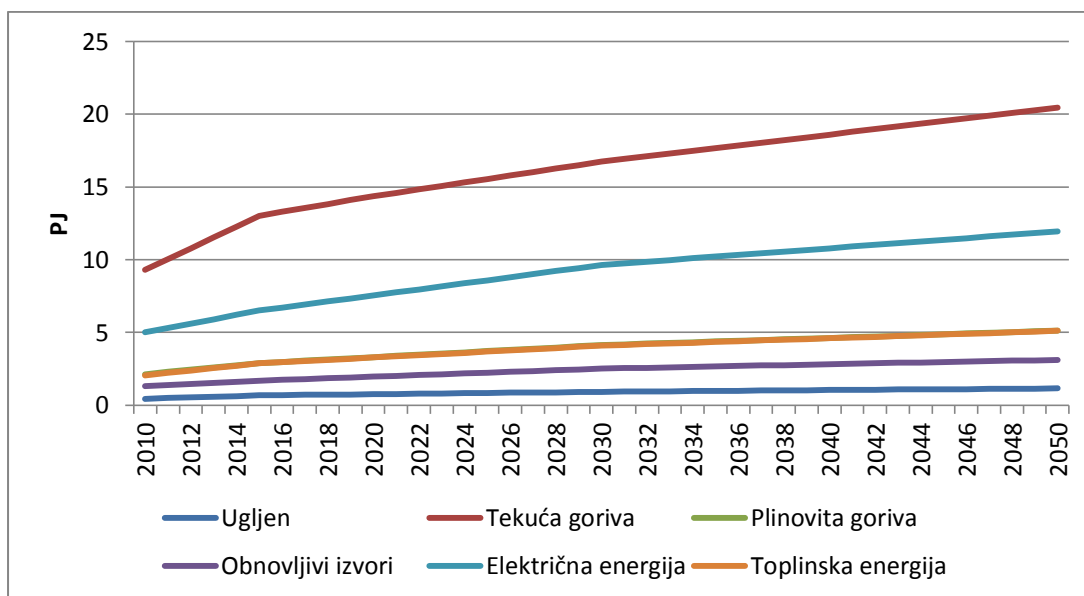
Modelom je dobivena ukupna potrošnja od 5,632 TWh u 2010. godini što iznosi 7,63 % ukupne finalne potrošnje u RH u 2010. godini [11]. Jedini podatak koji se može egzaktno provjeriti je finalna potrošnja električne energije, jer se taj podatak za Primorsko-goransku županiju može vidjeti iz publikacije *Energija u Hrvatskoj* [11]. Prema podacima navedene publikacije finalna potrošnja električne energije u Primorsko-goranskoj županiji u 2010. godini iznosila je 1,402 TWh dok se razvijenim modelom dobije iznos od 1,393 TWh što predstavlja razliku od 0,64 % pa možemo zaključiti da se razvijena metodologija može koristiti, pri čemu će se dobiti podaci zadovoljavajuće točnosti.

## 4.2. REZULTATI TEMELJNOG SCENARIJA

Na slikama 13 i 14 mogu se vidjeti proračunata kretanja potrošnje energije po sektorima te energentima dobivenih za temeljni scenarij na temelju metodologije prikazane u poglavlju 3.1.



**Slika 13.** Prikaz kretanja sektorske potrošnje u temeljnom scenariju



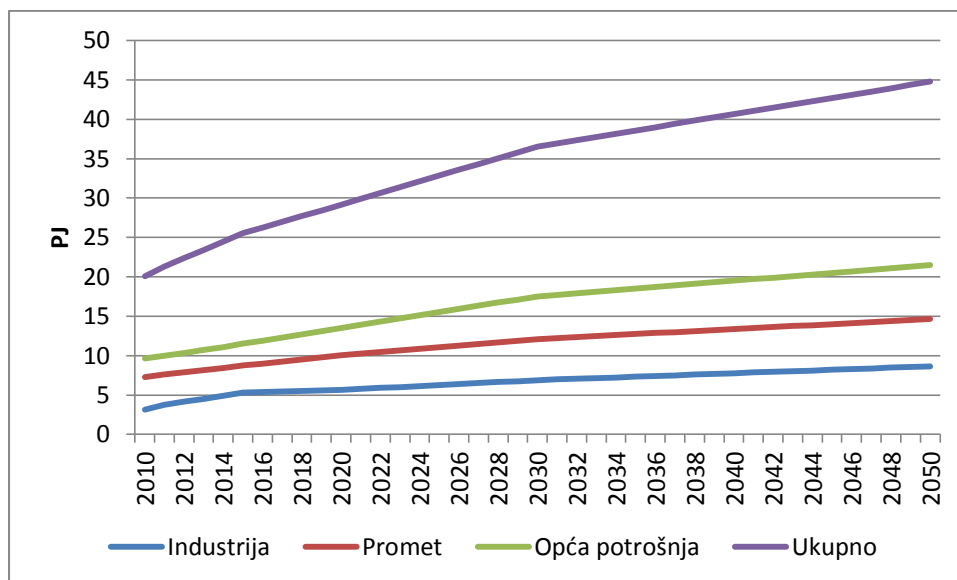
**Slika 14.** Prikaz kretanja ukupne potrošnje energenata u temeljnom scenariju

Iz priloženih slika se može primijetiti kako je u temeljnom scenariju, koji ne predviđa nikakvu politiku štednje ili pojačane penetracije obnovljivih izvora potrošnja svih energenata i svih sektora u konstantnom porastu. Taj porast je najizraženiji do 2015. godine, zatim nešto slabiji do 2030. godine te još slabiji do 2050. godine.

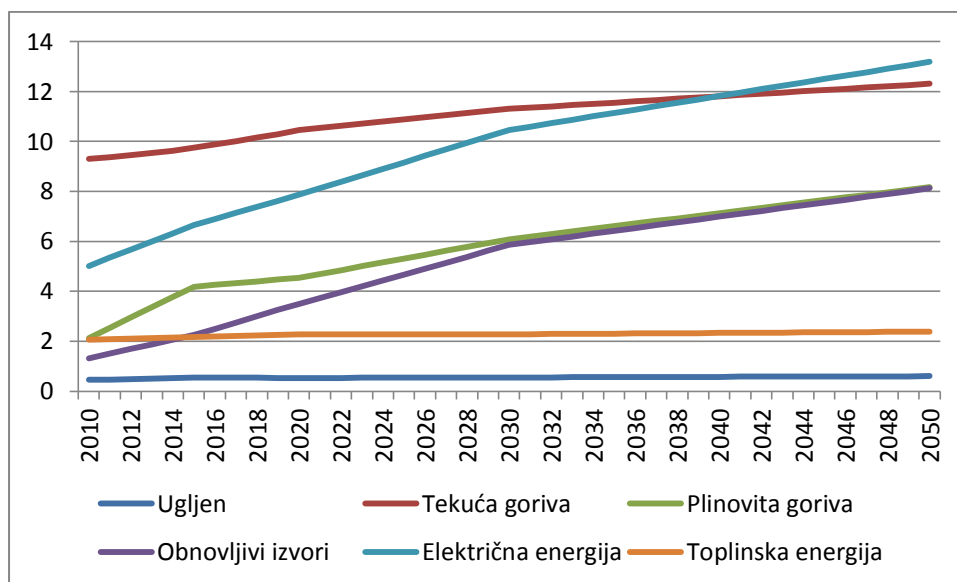


### 4.3. REZULTATI ODRŽIVOG SCENARIJA

Kretanja potrošnje energije po sektorima i energentima na temelju metodologije održivog scenarija prikazane u poglavlju 3.2. mogu se vidjeti na slikama 15 i 16.



**Slika 15.** Prikaz kretanja sektorske potrošnje u održivom scenariju



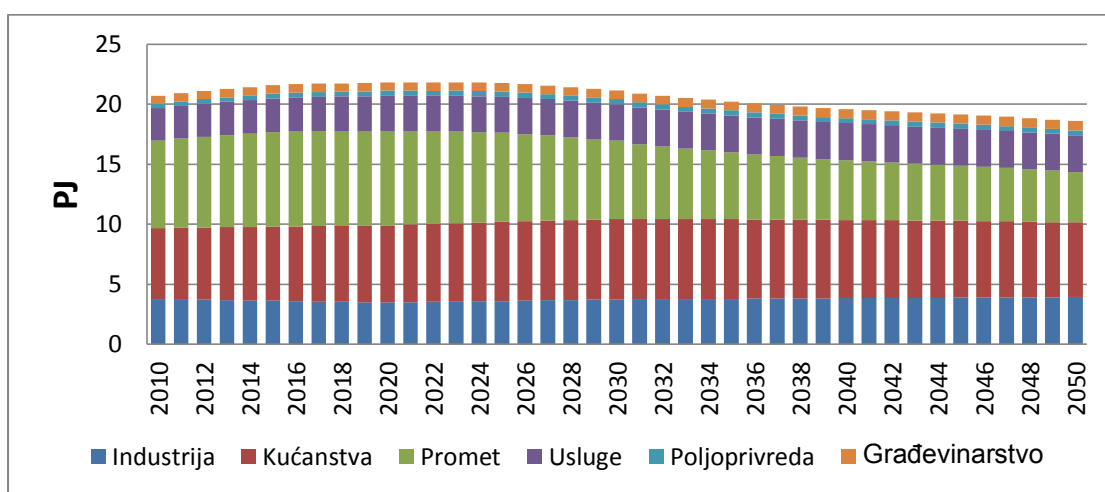
**Slika 16.** Prikaz kretanja ukupne potrošnje energenata u održivom scenariju

Iz priloženih slika možemo uočiti da potrošnja raste u cijelom periodu, ali slabije nego u temeljnom scenariju te je finalna ukupna potrošnja u održivom scenariju za 2,16 PJ manja nego li u temeljnom scenariju. Također, uočljivo je da je miks goriva potpuno različit. Tako je npr. potrošnja tekućih goriva u 2050. godini za više od 8 PJ manja u održivom scenariju nego li u temeljnom scenariju. Nasuprot tome, potrošnja energije iz obnovljivih izvora veća je za otprilike

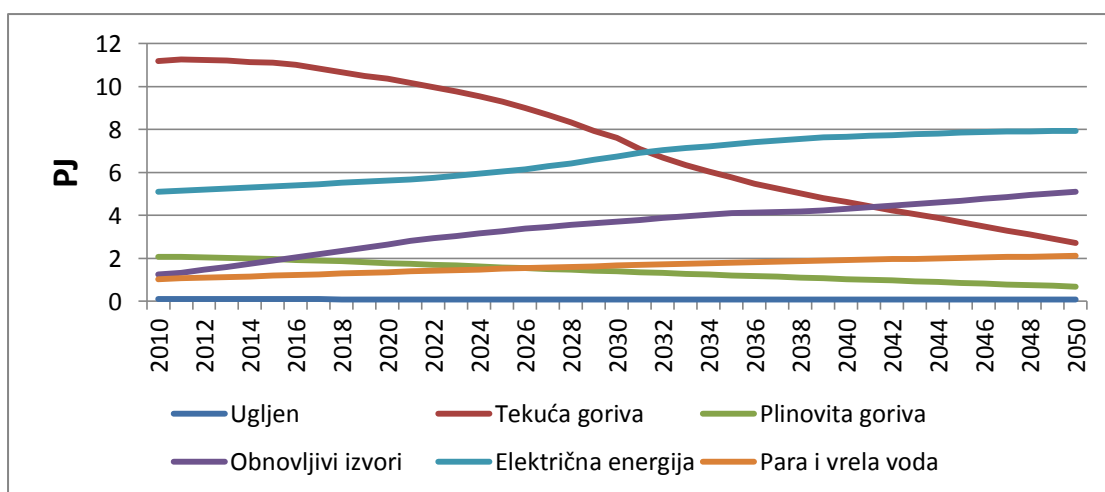
5 PJ u održivom scenariju u odnosu na temeljni scenarij. Potrošnja plinovitih goriva i električne energije je veća u održivom scenariju što je posljedica zamjene dijela tekućih goriva.

#### 4.4. REZULTATI SCENARIJA UZ MOGUĆE MJERE ŠTEDNJE, ZAKONSKIH I FINACIJSKIH MEHANIZAMA

Dobiveni rezultati na temelju metodologije scenarija uz moguće mjere štednje, zakonskih i financijskih mehanizama navedene u poglavlju 3.3. prikazani su na slikama 17 i 18.



Slika 17. Kretanje finalne potrošnje energije u Primorsko-goranskoj županiji po sektorima



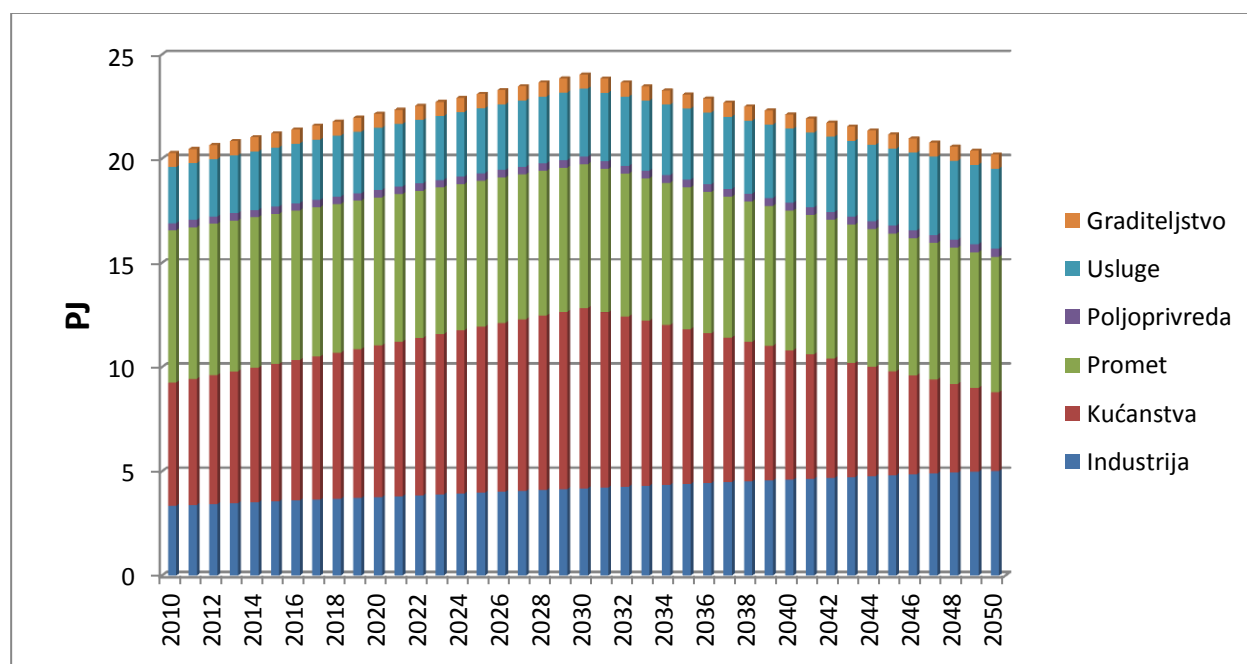
Slika 18. Kretanje potrošnje energije po energentima

Iz slike 17 se vidi da ukupna potrošnja raste do 2020. godine, zatim stagnira do 2027. te zatim počinje padati. Pad potrošnje energije najprimjetniji je u sektoru prometa gdje nakon 2027. godine započinje naglo smanjenje potrošnje energije te je potrošnja energije u 2050. godini na 57% potrošnje u 2010. godini. Potrošnja u sektoru kućanstva raste do 2030. godine te potom

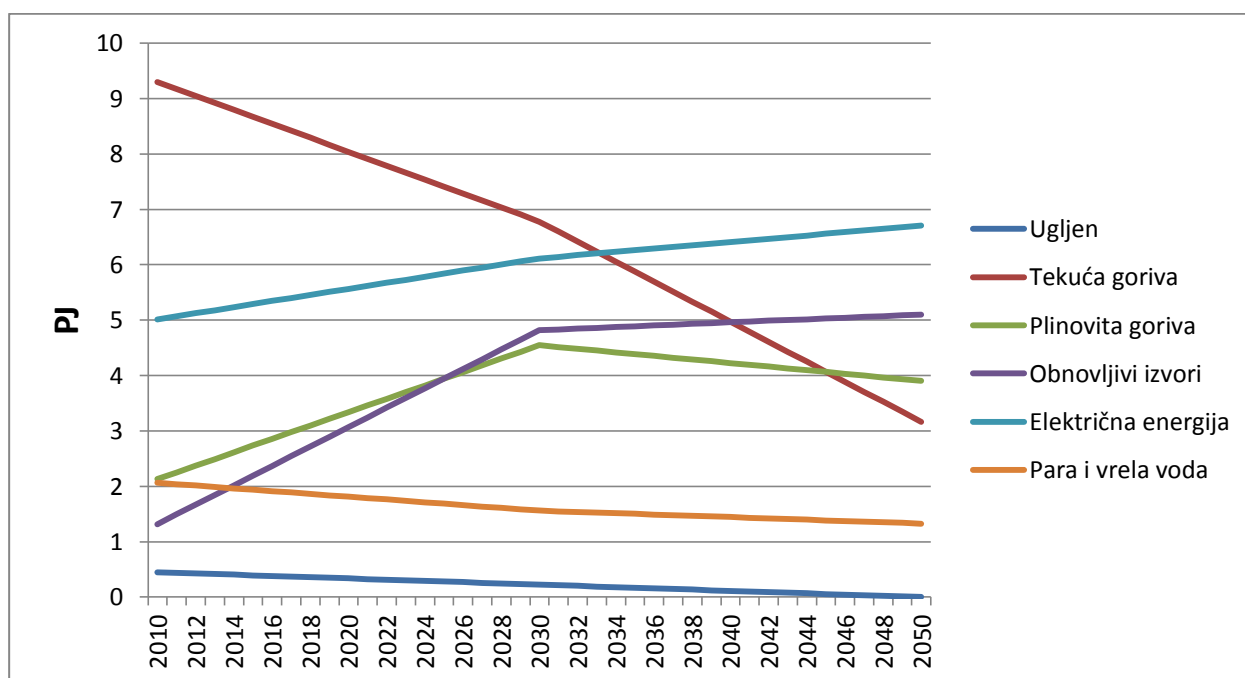
počinje opadati. U 2050. godini potrošnja u sektoru kućanstva je 6 % veća od potrošnje u 2010. godini. Sektor usluga prati kretanje sektora kućanstva te je potrošnja u 2050. 13 % veća od potrošnje u 2010. godini. Potrošnja energije u sektoru industrije lagano raste cijelo vrijeme te je u 2050. godini za 4 % veća nego li u 2010. godini. Sektori poljoprivrede i građevinarstva također lagano rastu cijeli period, no njihova potrošnja je zanemariva u ukupnom zbiru. Iz slike 18. primjećuje se da su tekuća goriva u konstantnom padu potrošnje te u 2050. godini dosežu 25 % razine iz 2010. godine. Plinovita goriva također padaju u potrošnji, dok potrošnja električne energije i obnovljivih izvora pokazuje značajan rast. Potrošnja pare i vrela vode raste umjerenim tempom u cijelom periodu dok je ugljen trajno na zanemarivim razinama.

#### 4.5. REZULTATI SCENARIJA UBRZANOG RAZVOJA TEHNOLOGIJE

Rezultati scenarija ubrzanog razvoja tehnologije na temelju metodologije prikazane u poglavlju 3.4. mogu se vidjeti na slikama 19 i 20.



Slika 19. Sektorska kretanja potrošnje energije



Slika 20. Kretanje potrošnje energije prema energentima

Iz slike 19. vidi se da potrošnja raste do 2030. godine te zatim počinje opadati. Sektor prometa linearno pada te u 2050. dolazi na 90 % potrošnje u 2010. godini. U sektoru kućanstva primjećuje se rast potrošnje do 2030. godine te zatim nagli pad potrošnje do 2050. godine. Sektori usluga i industrije rastu kroz cijeli promatrani period. Prema slici 20. može se zaključiti da raste potrošnja električne energije i obnovljivih izvora kroz cijeli period, dok potrošnja plinovitih goriva raste do 2030. godine te zatim počinje opadati. Potrošnja tekućih goriva strmo glavo pada cijeli period, dok ugljen te para i vrela voda pokazuju umjereni pad tokom cijelog perioda. Usporenje rasta korištenja obnovljivih izvora nakon 2030. godine treba povezati sa periodom povećane učinkovitosti korištenja energenata u kućanstvima zbog čega pada ukupna finalna potrošnja energije.

#### 4.6. REZULTATI REFERENTNOG I SCENARIJA S POVEĆANIM UDJELOM OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Rezultati dobiveni unošenjem sedam proračuna odabranih godina za dva različita scenarija u EnergyPLAN mogu se vidjeti u tablicama 14 i 15.

**Tablica 14.** Rezultati scenarija (TWh/godišnje)

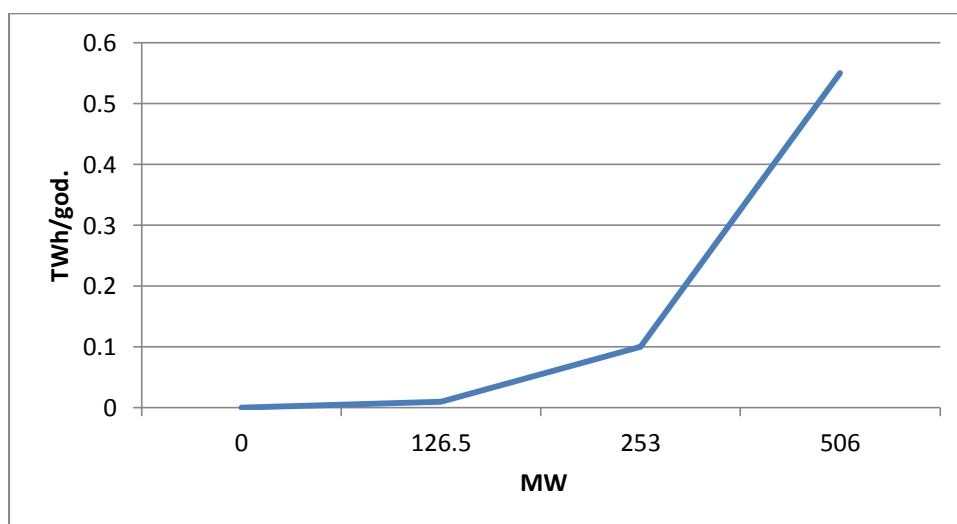
Scenarij	CEEP	Ukupna potrošnja energije	Ukupna potrošnja bez OIE	Proizvodnja energije iz OIE (bez biomase)	Uvoz električne energije	Izvoz energije
<b>Ref 2010</b>	0	8,27	7,92	0,35	0	0
<b>Ref 2020</b>	0	7,14	6,76	0,38	1,69	0
<b>Ref 2030</b>	0	8,6	8,19	0,41	2,22	0
<b>Ref 2050</b>	0	10,71	10,23	0,48	2,75	0
<b>OIE 2020</b>	0,01	5,68	5,01	0,67	0,8	0,01
<b>OIE 2030</b>	0,1	6,4	5,42	0,98	0,74	0,1
<b>OIE 2050</b>	0,55	6,18	4,57	1,61	0,61	0,55

**Tablica 15.** Rezultati scenarija (milijuni eura)

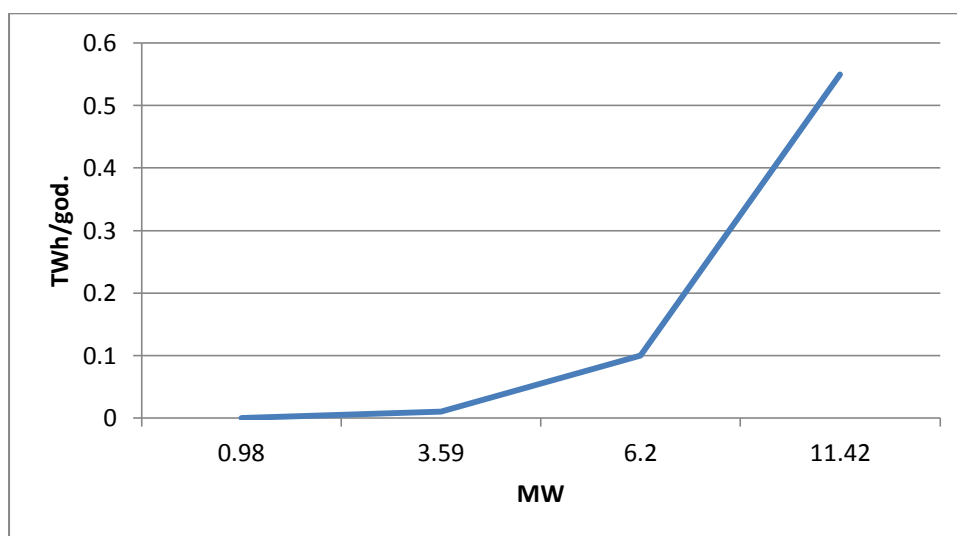
Scenarij	Plaćanje uvoza električne energije	Naplata izvoza električne energije	Ukupni godišnji trošak
<b>Ref 2010</b>	0	0	305
<b>Ref 2020</b>	395	0	812
<b>Ref 2030</b>	517	0	1068
<b>Ref 2050</b>	640	0	1486
<b>OIE 2020</b>	187	-1	472
<b>OIE 2030</b>	173	-22	499
<b>OIE 2050</b>	144	-124	455

U referentnim scenarijima porast proizvodnje energije iz obnovljivih izvora je polagan, što je posljedica polaganog ulaza novih postrojenja pogonjenih obnovljivim izvorima energije. Nakon dekomisije TE Rijeka dolazi do velikog uvoza energije što za posljedicu ima poskupljenje ukupnog troška scenarija, ali i lokalno smanjenje emisije CO<sub>2</sub>, pošto se taj CO<sub>2</sub> emitira na mjestu gdje se proizvede uvezena električna energija. Ipak, nakon dekomisije TE Rijeka emisija CO<sub>2</sub> počinje ponovno rasti kao posljedica veće potrošnje energije. Bitno je napomenuti da je u referentnim scenarijima mreža stabilna tj. nema kritičnog viška proizvodnje električne energije. U svakom referentnom scenariju sa odmakom godine primjećuje se i porast ukupnog godišnjeg troška. Bitno je napomenuti da su u ukupnom godišnjem trošku uključeni troškovi goriva, varijabilni troškovi, investicijski troškovi, fiksni troškovi pogona, troškovi izvoza/uvoza

električne energije te troškovi plaćanja CO<sub>2</sub>. Porast ukupnog godišnjeg troška je posljedica konstantnog povećanja potražnje energije, a posljedično i sve većeg uvoza energije. Ukupni troškovi scenarija s povećanim udjelom obnovljivih izvora energije su manji nego li u referentnim scenarijima za odgovarajuće godine. Posljedica je to pretpostavke o naglom razvoju tehnologije koja posljedično utječe na veću učinkovitost, a time i na manju potrošnju energije. Ipak, cijena većih ulaganja kojima bi se tehnologija ubrzano razvila nije obuhvaćena ovim scenarijima. Bitno je napomenuti da se pojavljuje „kritični višak proizvodnje električne energije“ u svim scenarijima s povećanim udjelom OIE, što ima za posljedicu nestabilnost mreže. Taj kritični višak u 2050. godini je vrlo visok i iznosi čak trećinu ukupno proizvedene električne energije. Na slikama 21 i 22 može se vidjeti porast „kritičnog viška proizvodnje električne energije“ u ovisnosti o instaliranim vjetroelektranama te fotonaponskim elektranama.



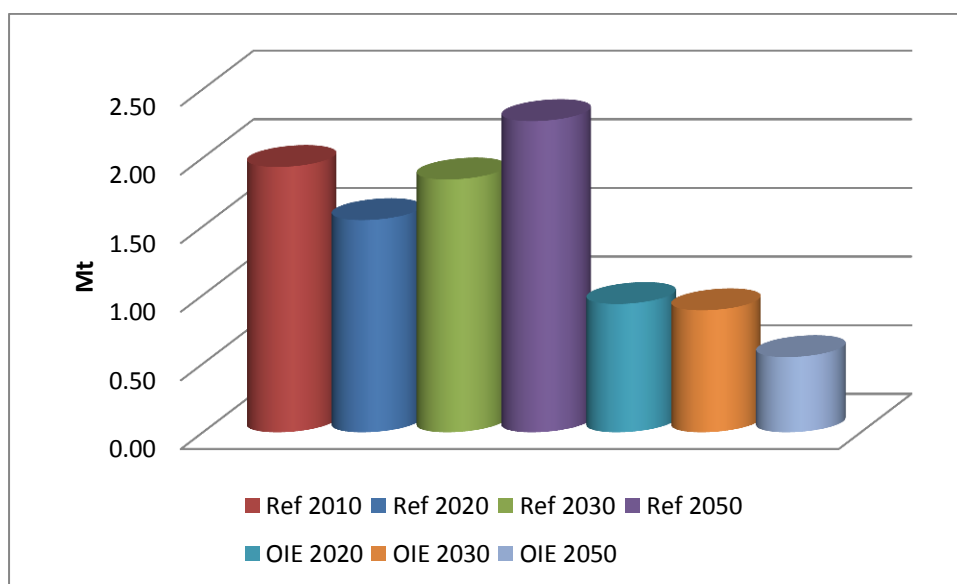
**Slika 21.** Ovisnost „kritičnog viška proizvodnje električne energije“ prema instaliranoj snazi vjetroelektrana



**Slika 22.** Ovisnost „kritičnog viška proizvodnje električne energije“ prema instaliranoj snazi fotonaponskih elektrana

Iz prethodnih slika možemo zaključiti da „kritični višak proizvedene električne energije“ naglo raste s povećanim udjelom intermitentnih izvora energije poput vjetra i sunca. Taj višak proizvedene električne energije predstavlja problem stabilnosti sustava te poskupljuje regulaciju energetskeg sustava.

Povećana penetracija obnovljivih izvora ima za posljedicu da je u 2050. godini u scenariju s povećanim udjelom OIE udio obnovljivih izvora u proizvedenoj električnoj energiji čak 86,3 %. Povećana penetracija OIE ima za posljedicu i konstantno smanjenje emisija CO<sub>2</sub>. Pregled emisija CO<sub>2</sub> može se vidjeti na slici 23.



**Slika 23.** Prikaz emisije CO<sub>2</sub> u Mt za različite scenarije

U tablici 16. prikazani su udjeli proizvodnje električne energije iz OIE za odabrane scenarije.

**Tablica 16.** Udjeli proizvedene električne energije iz OIE

Scenarij	Udio proizvedene el. energije iz obnovljivih izvora (%)
Ref 2010	24,8
OIE 2020	42,9
OIE 2030	57
OIE 2050	86,3

Zanimljivo je usporediti troškove triju scenarija s povećanim udjelom OIE, gdje je vidljivo da unatoč povećanim investicijama, prvenstveno u vjetroelektrane, troškovi scenarija ostaju podjednaki te se čak i smanjuju u 2050. godini. Naravno, posljedica smanjenja ukupnog troška sustava u 2050. godini je i smanjenje ukupne potrošnje energije, ali i smanjenja troška plaćanja emisija CO<sub>2</sub>. Ipak troškovi održavanja stabilnosti mreže bi u tom scenariju bili dosta veći nego je to obuhvaćeno ovim scenarijem jer bi se trebao ili povećati kapacitet transmisijske mreže ili izgraditi fleksibilno, klasično postrojenje koje ne bi bilo intermitentno te bi tako moglo utjecati na stabilnost mreže. Izgradnja tog postrojenja bi predstavljala značajan investicijski trošak. Prilikom usporedbe ukupnih troškova scenarija treba imati na umu i da je odabrana konstantna cijena biomase za sve godine dok cijena svih ostalih goriva raste (tablica 12). Ta je pretpostavka donesena na temelju trenutne dostupnosti biomase u gorskom predjelu Županije. Naravno, ukoliko bi se ograničila uporaba biomase zbog bilo kojeg razloga, ili bi se naglo povećala potražnja za biomasom, cijena biomase u lokalnom okruženju bi porasla što bi uzrokovalo i veće ukupne troškove scenarija.



## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu uspješno je razvijena metodologija za izračun finalne potrošnje energije županija. Provjera referentnog modela je učinjena prema potrošnji električne energije i odstupanje je iznosilo samo 0,64 % pa se može zaključiti da model odražava stvarno stanje potrošnje energije. Izrađena su četiri modela finalne potrošnje energije te dva modela ukupne potrošnje energije. U temeljnom modelu, koji je projekcija potrošnje energije bez primjene mjera za smanjenja potrošnje energije primjećujemo stalni rast potrošnje energije koji usporava vrlo polagano. Također, u temeljnom scenariju penetracija obnovljivih izvora energije je vrlo spora te su tekuća goriva dominantna tokom cijelog perioda projekcije potrošnje energije. U održivom scenariju, koji je kao i temeljni scenarij rađen prema Energetskoj strategiji Republike Hrvatske, vidljivo je smanjenje finalne potrošnje energije u Primorsko-goranskoj županiji u odnosu na temeljni scenarij od 4,5%. Također, miks energije je različit tj. udio tekućih goriva raste osjetno sporije te se povećava udio obnovljivih izvora.

U scenariju primjene mjera štednje, zakonskih i financijskih mehanizama pokazano je da ti mehanizmi imaju za posljedicu smanjenje finalne potrošnje energije te je ona u 2050. godini manja nego li u 2010. Također, u navedenom scenariju je značajno smanjenje udjela tekućih goriva u finalnoj potrošnji 2050. godine u odnosu na 2010. godinu. U scenariju ubrzanog razvoja tehnologije vidljivo je smanjenje finalne potrošnje energije nakon 2030. godine te je ona u 2050. godini nešto manja od potrošnje u 2010. godini. Slično kao u prethodnom scenariju, udio tekućih goriva značajno pada dok udio obnovljivih izvora snažno penetrira u sustav. U sva četiri scenarija finalne potrošnje energije vidljiv je porast potrošnje električne energije u cijelom periodu od 2010. do 2050. godine iako različitim tempom. Taj porast je najveći u Temeljnom scenariju, a najmanji u scenariju Ubrzanog razvoja tehnologije. U scenarijima ukupne potrošnje energije izrađenima u EnergyPLANu vidljivo je da su troškovi manji u scenariju s visokim udjelom OIE te je stoga preporučljivo implementirati mjere poticanja gradnje obnovljivih izvora energije. Ipak, iako malo vjerojatno prema sadašnjoj klimatskoj politici EU, treba imati na umu da eventualan pad cijena emisija CO<sub>2</sub> može uzrokovati promjene glede isplativosti ovih scenarija. Također, mjere poticanja učinkovitosti sustava te brže penetracije obnovljivih izvora u sustav, kao i povećani troškovi regulacije sustava nisu obuhvaćeni ovom ekonomskom analizom stoga treba biti oprezan s ukupnom ocjenom ekonomske isplativosti povećane penetracije obnovljivih izvora energije.

Zaključno, ovim radom pokazano je da je uz odgovarajuće mjere moguće dugoročno smanjenje energetske potrošnje te samim time odgovornije ponašanje prema okolišu u cjelini.

## 6. LITERATURA

- [1] Državni zavod za statistiku RH, Statistički ljetopis RH 2011, Zagreb, 2011.
- [2] Razvojna strategija Primorsko-goranske županije 2011.-2013., Rijeka, siječanj 2011.
- [3] <http://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:CroatiaPrimorje-GorskiKotar.png>
- [4] [http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/results/htm/h02\\_01\\_01/H02\\_01\\_01.html](http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/results/htm/h02_01_01/H02_01_01.html)
- [5] Državni zavod za statistiku RH, Bruto domaći proizvod za Republiku Hrvatsku te prostorne jedinice za statistiku 2. i 3. razine za razdoblje 2000.-2010., Zagreb, 14. veljače 2013.
- [6] [http://www.ppv.pgz.hr/prikaz.asp?txt\\_id=40](http://www.ppv.pgz.hr/prikaz.asp?txt_id=40)
- [7] Državni zavod za statistiku RH, Promet u morskim lukama od 2006. do 2010., Zagreb, 2011.
- [8] Razvojna strategija Primorsko-goranske županije 2011.-2013., Rijeka, Siječanj 2011.
- [9] Energetski institut Hrvoje Požar d.o.o., Studija i idejni projekt opskrbe plinom Primorsko-goranske županije, Zagreb, 1999.
- [10] Državni zavod za statistiku RH, Energetska statistika u 2010., Zagreb, 2011.
- [11] Skupina autora, Energija u Hrvatskoj 2010., Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva Republike Hrvatske, Zagreb, 2011.
- [12] Skupina autora, Akcijski plan energetska održivog razvoja grada Kastva SEAP, Rijeka, 2012.
- [13] Skupina autora, Akcijski plan energetska održivog razvoja grada Krka SEAP, Rijeka, 2012.
- [14] Čotar, A., Filčić, A., Akcijski plan energetska održivog razvoja grada Opatije SEAP, Grad Rijeka, Rijeka, 2012.
- [15] Skupina autora, Akcijski plan energetska održivog razvoja grada Rijeke SEAP, Grad Rijeka, Rijeka, 2010.
- [16] Bertoldi, P., Hirl, B., Labanca, N., Energy Efficiency Status Report 2012, Europska komisija, Luksemburg, 2012
- [17] EU transport in figures, Europska komisija, Luksemburg, 2012
- [18] Blazquez, L., Heimsch, F., Filippini, M., The Economic Crisis and Residential Electricity Consumption in Spanish Provinces: A Spatial Econometric Analysis, Working Paper, siječanj 2013, 13/173
- [19] <http://www.hep.hr/proizvodnja/osnovni/termoelektrane/rijeka.aspx>
- [20] Rešćec, F., Oil products demand to decline in Croatia, Nafta, 2011., vol.62, str.59-64
- [21] <http://www.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/zapad/rijeka.aspx>
- [22] <http://www.energo.hr/default.asp?ru=98&gl=200412200000001&sid=&jezik=1>
- [23] <http://oie.mingorp.hr/>
- [24] <http://www.janaf.hr/sustav-janafa/naftni-terminal-luka-omisalj/>

[25] <http://www.incergo.hr/hr/plinski-sustav-rh-e.php>

[26] [http://www.energyplan.eu/?page\\_id=232](http://www.energyplan.eu/?page_id=232)

[27] Hrvatski sabor, Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske, Zagreb, listopad 2009.

[28] Duić, Neven; Krajačić, Goran; Pukšec, Tomislav; Ćosić, Boris; Novosel, Tomislav; Ridjan, Iva. Iskorištavanje obnovljivih izvora energije, energetska učinkovitost i smanjenje emisija stakleničkih plinova kao pokretač razvoja “zelene ekonomije” u Hrvatskoj do 2050., izvornik: Smanjenje emisija CO<sub>2</sub> za 80% do 2050. godine - realnost ili utopija / Jelavić, Branka (ur.). - Zagreb : Hrvatsko energetska društvo , 2012. 39-40.

[29] <https://www.entsoe.eu/db-query/country-packages/production-consumption-exchange-package/>

[30] <http://re.jrc.ec.europa.eu/>

[31] International Energy Agency Electricity information, 2008